

Impulse

Das Wissenschaftsmagazin der Deutschen Sporthochschule Köln, Ausgabe 2/2019

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
Vorwort von Rektor Univ.-Prof. Dr. Heiko Strüder.....	2
Handstandvermittlung im Turnen.....	3
Duale Karriere.....	8
Immunbiologischer Einfluss von Sport bei Multipler Sklerose.....	13
Motilität und Mobilität älterer gebrechlicher Menschen	18
ICAROS: Fliegendes Trainingsgerät.....	24
News	34
Impressum.....	36

Vorwort von Rektor Univ.-Prof. Dr. Heiko Strüder

Liebe Leserin, lieber Leser,

durch die Zunahme von ungefilterten digitalen „Informationsfluten“ kommt der Verbreitung von Erkenntnissen auf der Basis fundierter wissenschaftlicher Arbeit eine besondere Bedeutung zu. Ich danke daher den Autorinnen und Autoren, dass sie in unserem Wissenschaftsmagazin IMPULSE Einblicke in ihre Forschungsergebnisse geben.

In dem ersten Beitrag geht es um die Handstandvermittlung im Turnen. Das Aufschwingen in den Handstand am Boden gilt als Basisfertigkeit und als grundlegende Voraussetzung für weiterführende turnerische Elemente. Die Autoren vom Institut für Vermittlungskompetenz in den Sportarten (IVKS) erläutern die praktischen Effekte eines besonderen Coachingansatzes.

In dem zweiten Beitrag werden die Ergebnisse der Evaluation der NRW-Sportschulen vorgestellt. Ziel der NRW-Sportschulen ist die Förderung der dualen Karriere von Nachwuchsleistungssportler*innen. Die Mitarbeiter des Instituts für Pädagogik und Philosophie sowie des IVKS haben die Implementation und Wirksamkeit des Modells analysiert.

Positive Effekte von körperlicher Aktivität bei neurologischen Erkrankungen sind schon längere Zeit bekannt. Daher sind Sportprogramme auch für Patient*innen, die an Multipler Sklerose leiden, bereits fest etabliert. Im Institut für Kreislaufforschung und Sportmedizin erforschen Wissenschaftler*innen den Einfluss, den Sport und Bewegung auf diese chronische Erkrankung des zentralen Nervensystems ausüben. Die Ergebnisse lesen Sie im dritten Beitrag.

Möglichst bis ins hohe Alter mobil zu sein, ist ein wichtiges Ziel unserer Gesellschaft. Dabei spielen viele verschiedene Einflussfaktoren eine große Rolle. Inwieweit Zugangsmöglichkeiten, physische und kognitive Kompetenzen sowie deren Anwendung die Mobilität beeinflussen, erfahren Sie im vierten Beitrag vom Institut für Bewegungs- und Sportgerontologie.

Um die Möglichkeit des Einsatzes von virtuellen Realitäten zu Trainings- und Therapiezwecken geht es im letzten Beitrag aus dem Institut für Bewegungstherapie und bewegungsorientierte Prävention und Rehabilitation. Zum Einsatz kam das Fitnessgerät und Flugsimulator Icaros, mit dessen Hilfe die klassische Übung des Unterarmstützes dynamischer gestaltet werden kann.

Ich wünsche Ihnen viel Freude bei der Lektüre und alles Gute für das Jahr 2020!

Univ.-Prof. Dr. Heiko Strüder

Handstandvermittlung im Turnen

Bewegungsvermittlung im Turnen ist unabhängig vom jeweiligen Setting (z. B. Schul- oder Leistungssport) durch ein Wesensmerkmal charakterisiert, das die Initiierung motorischer Lernprozesse erschwert: Zeitdruck.

Eng geschnürte Wettkampfkalender stehen dem Leistungsturner heutzutage bei der Implementierung neuer turnerischer Elemente in die Wettkampfübung entgegen. Doch auch Studierende der Deutschen Sporthochschule Köln erfahren bereits im Turnpraxiskurs des Basisstudiums die Schwierigkeit, innerhalb nur weniger verfügbarer Semesterwochen grundlegende turnerische Fertigkeiten bis zur praktischen Prüfung zu erlernen und bestenfalls zu automatisieren. Diese wenigen Beispiele verdeutlichen bereits die Notwendigkeit einer Erforschung zielführender Vermittlungskonzepte für erfolgreiches Bewegungslernen im Turntraining und -unterricht auch innerhalb kurzer Zeiträume. Es liegt nahe, dass sich derartige Vermittlungsforschung äußerst anwendungs- und zielgruppenorientiert sowie insbesondere interdisziplinär gestalten muss, zumal durch Lehrkräfte und Trainer*innen sowohl das Know-How (Methodik, zielführendes Feed - back und Instruktion) als auch das Know-That (Lehrgegenstand und -inhalt, Bewegungscharakteristik) der Zielbewegung berücksichtigt werden muss (vgl. Sands, 2018). Die wissenschaftliche Fundierung effektiver Bewegungsvermittlung bedient sich somit der generierten Wissensbestände sportwissenschaftlicher Disziplinen (z. B. Biomechanik, Bewegungswissenschaft, Sportpsychologie), um auf dieser Basis praktizierte Trainingslehre auf den Prüfstand zu stellen und modernisierte Handlungsstrategien zu eruieren. Die im Folgenden ausschnittsweise vorgestellte Studie verfolgt genau diese Zielstellung für das Basiselement Handstand.

Unabhängig vom Leistungsniveau ist der Handstand auf dem Boden DAS Basiselement des Turnens (Bessi, 2009). Bereits bei grundlegenden turnerischen Bewegungen (z. B. Rad) wird der Handstand dynamisch durchlaufen und verkörpert im Leistungssport gerätübergreifend die Ausgangs- und Endposition dynamischer Bewegungen (Hedbávný et al., 2013). Ein guter Handstand definiert sich aus sportmotorischer Perspektive primär durch zwei Charakteristika, A: Die Qualität der linearen Körperposition; B: Die Aufrechterhaltung der Balancekontrolle (Uzunov, 2008). Die gegenwärtige Literatur zur methodischen Heranführung an den Handstand liefert einerseits ein breites Repertoire an Trainingsübungen (Bessi, 2009; Uzunov, 2008). Die dort geschilderte Trainingslehre deutet dennoch darauf hin, dass der Ausprägung der linear stabilisierten Körperposition im Handstand oberste Priorität einzuräumen ist. Ein durch Aufrichtung des Beckens stabilisierter Bein-Rumpf-Winkel sowie ein geöffneter Arm-Rumpf-Winkel stehen im Fokus. Dieser Ansatz wird in der Trainingspraxis üblicherweise durch Feedback (verbal und/oder taktil) und explizite Instruktionen (z. B.: „Schieb dich raus aus der Schulter“) untermauert. Mit Blick auf das Know-How der Bewegungsvermittlung sind die Vorzüge expliziten Lernens hinsichtlich der Verbalisierung entscheidender Bewegungsmerkmale unbestritten (Sun et al., 2001), womit entscheidende Facetten einer mentalen Bewegungsrepräsentation angelegt werden können (Wiemeyer, 1994). Dennoch weisen Studien darauf hin, dass explizite Hinweise bereits automatisierte motorische Abläufe Fortgeschrittener beeinträchtigen können (s. g. Reinvestment-Theorie, Masters & Maxwell, 2008).

In Anbetracht dieser Ausgangslage darf hinterfragt werden, ob diese Methodik zur Verbesserung einer ganzheitlichen Handstandleistung innerhalb kurzer Zeit ausreicht? Und welche Rolle spielt das Training der Handgelenkmuskulatur, zumal auch die Aufrechterhaltung der Balancekontrolle charakteristisches Merkmal guter Handstände ist und die Hände als Schnittstelle zwischen Körper und Boden fungieren? Studien, die die Handstandcharakteristik von Turnnovizen thematisieren, sind rar und beziehen sich lediglich auf die Eruierung der Wirksamkeit verschiedener Feedbackstrategien (Maleki et al., 2010; Rohleder & Vogt, 2018). Verschiedene Studien mit fortgeschrittenen Turnern untersuchten jedoch die biomechanischen Merkmale zur Aufrechterhaltung der posturalen Kontrolle im Handstand auf dem Boden (Blenkinsop et al., 2017; Gautier et al., 2009). Es gilt als belegt, dass die Aufrechterhaltung der Balancekontrolle bei sportmotorisch hochwertigen Handstandleistungen primäre Aufgabe der handgelenkumspannenden Muskulatur ist (Blenkinsop et al., 2017). Die

Literatur spricht hier von der wrist strategy (Yeadon & Trewartha, 2003). Erst im Fall größerer Balancestörungen, für deren Ausgleich die im Handgelenk erzeugten Drehmomente nicht ausreichend sind, werden höher gelegene Gelenke für Ausgleichskorrekturen hinzugezogen. Die shoulder strategy bzw. hip strategy kennzeichnen somit Handstände von Turnern niedrigeren Niveaus. Mit Blick auf das Know-That, also dem Lehrinhalt der Handstandvermittlung, ist somit aus biomechanischer Sicht Folgendes festzuhalten: Anzustreben ist der Balancemechanismus der wrist strategy, bei dem der Körper als ein Segment stabilisiert um diejenige Gelenkpartie als invertiertes Pendel rotiert, die der Unterstützungsfläche inferior am nächsten gelegen ist (Abb. 1 Handstand als invertiertes Pendel: Der Handstand modelliert als invertiertes Pendel, das aus einem Segment bestehend um die Handgelenke als inferior gelegene Rotationsachse rotiert (vgl. Blenkinsop et al., 2017)). Der Körperschwerpunkt (KSP) wird über den Händen als Unterstützungsfläche lokalisiert (vgl. Blenkinsop et al., 2017; Yeadon & Trewartha, 2003). Es ist offensichtlich, dass der Unterarmmuskulatur, mit Blick auf den natürlichen Handaufsatz im Handstand auf dem Boden insbesondere den Flexoren, eine große Bedeutung zukommt.

Um auf dieser Basis der Frage nach dem Stellenwert der Handgelenksflexion im Handstandtraining zu begegnen, ist festzuhalten, dass sowohl Übungsgut als auch Feedback und Instruktion zu diesem Aspekt nur eine untergeordnete Rolle spielen (Bessi, 2009; Uzunov, 2008). Vereinzelt Übungen befassen sich zwar mit Ansteuerung und Kräftigung entsprechender Muskulatur (Abb. 2 Training der Handgelenksflexoren: Aufwickeln eines moderaten Gewichts, welches mit einem Seil verbunden an einem Gymnastikstab befestigt ist. Das Seil hängt auf der der/m Trainierenden zugewandten Seite des Gymnastikstabs, der Gymnastikstab wird dabei vom Körper weg rotiert.), ein expliziter Bezug zur Bedeutsamkeit dessen für die sportmotorische Handstandleistung erscheint aber in Relation zur offensichtlichen biomechanischen Relevanz unterrepräsentiert. Unbestritten sind auch die Vorzüge impliziten Lernens hinsichtlich einer verbesserten Nachhaltigkeit und Variabilität (Reber, 2013). Da die biomechanische Charakteristik des Handstandes aber mit fortgeschrittenen Turnern heterogenen Leistungsniveaus wissenschaftlich eruiert, jedoch in Vermittlungskonzepten zum Erlernen des Handstandes für Novizen heterogenen Niveaus offenbar nur unzureichend verankert ist, stellt sich die Frage nach eventuellen Alternativen in der Handstandvermittlung, möglicherweise durch die Umkehr impliziter und expliziter Lehrinhalte. Die vorliegende Studie widmete sich daher der Frage nach praktischen Effekten eines expliziten Coachings zur wrist strategy auf die sportmotorischen Handstandleistungen (Qualität der Handstandposition, Aufrechterhaltung der Balancekontrolle) bei Turnnovizen unterschiedlichen Ausgangsniveaus. Basierend auf dem Literaturstand wurden folgende Hypothesen formuliert:

- (1) Weniger qualifizierte Novizen zeigen im Vergleich zu qualifizierteren Novizen eine verlängerte Verweildauer (Balancezeit) im Handstand.
- (2) Weniger qualifizierte Novizen zeigen im Vergleich zu qualifizierteren Novizen eine verbesserte Qualität der linearen Handstandposition.

Methodik

Stichprobe

N = 32 Sportstudierende der DSHS (17 weiblich, 15 männlich; Alter; 21.34 ± 1.49 Jahre; Körperhöhe: 175.14 ± 10.26 cm; Körpermasse: 68.23 ± 11.67 kg) ohne besondere Vorerfahrungen im Turnsport wurden rekrutiert. Die erfolgreiche Teilnahme an der Sporeignungsfeststellung im Vorfeld des Studiums garantierte dennoch eine grundlegende Vorerfahrung mit dem Aufschwingen zum Handstand auf dem Boden. Die Studie wurde durch die Ethikkommission der DSHS genehmigt.

Testaufgabe

Alle Proband*innen absolvierten zwei Testsessions (Prä- und Posttest) mit jeweils drei Versuchen des Aufschwingens zum Handstand auf dem Boden (Abb. 3 Das Aufschwingen zum Handstand: Das Aufschwingen zum Handstand auf dem Boden gilt unabhängig vom turnerischen Leistungsniveau als Basisfertigkeit des Gerätturnens und beschreibt die Testaufgabe der vorliegenden Studie. Als grundlegende Voraussetzung für weiterführende turnerische Elemente ist diese Bewegung u.a.

Bestandteil der Sparteignungsfeststellung im Bodenturnen an der Deutschen Sporthochschule Köln). Das kommunizierte Ziel lag in einer möglichst langen Verweildauer im Handstand, Hinweise zur Körperstabilisierung wurden nicht gegeben. Auf die individuelle Vorbereitung (Handstände waren verboten) folgte ein einzelner Probeversuch zur Gewöhnung. Das Verlassen des Handstandes war durch Abrollen oder das Seit-/Rückspreizen zur Ausgangsposition beliebig zu gestalten. Griffkorrekturen im Handstand führten zum Versuchsabbruch. Die Durchführung auf einer Turnmatte in Halle 21 der DSHS gewährleistete sportartspezifische Bedingungen und ein anwendungsorientiertes Umfeld. Die Hände wurden standardisiert innerhalb eines rechteckigen Korridors (Breite: 80 cm; Tiefe: 30 cm) platziert.

Untersuchungsdesign

Alle Proband*innen durchliefen den Prätest innerhalb einer Woche (die genannten Übungen in Abbildung 4 werden nach dem Text veranschaulicht). Es folgte ein Video-Tutorial mit prägnantem deklarativem Wissen zum Prinzip der wrist strategy zur Aufrechterhaltung der Handstandbalance. Im Fokus stand die Aufmerksamkeitslenkung auf die Platzierung des KSP über der Unterstützungsfläche sowie auf die erforderliche Handgelenksflexion zur Vermeidung des ventralen Überfallens aus dem Handstand. Daraufhin absolvierten alle Proband*innen innerhalb der anschließenden drei Wochen in Folge des Prätests fünf praktische Trainingseinheiten, bestehend aus zwei Sätzen mit jeweils sechs verschiedenen Trainingsübungen. Basierend auf den im Tutorial vermittelten Inhalten adressierten die entsprechenden Übungen ausschließlich das fertigkeitsspezifische Training der Handgelenksflexoren für den Handstand auf dem Boden. Angelehnt an Uzunov (2008) wurden folgende Übungen (Ü1 - Ü6) konzipiert (Abb. 4).

Abb. 4:

Ü1: Aufwickeln einer mit einem Seil verbundenen Gewichtscheibe (1.25 kg) auf einen Stab.

Ü2: Schrägstand mit parallelen Armen in Hochhalte und wiederholter Hand- und Fingerdruck gegen die Wand, so dass die Wand allein durch die Fingerspitze kontaktiert wird.

Ü3: Kniestand und wiederholte Palmarflexion des Handgelenks mit einer Gewichtscheibe (1.25 kg) in jeder Hand.

Ü4: Freies Üben des Aufschwings zum Handstand mit dem Ziel, den KSP vertikal über der Unterstützungsfläche zu platzieren; Zusätzlich: Selbstbestimmtes Video-Feedback (Zeitverzögerung: 12 s) mittels Tablet-PC.

Ü5: Schlusstand mit parallelen Armen in Hochhalte und wiederholte Palmarflexion im Handgelenk mit einer Gewichtscheibe (1.25 kg) in jeder Hand.

Ü6: Aufschwingen zum Handstand mit Kontakt der Oberschenkel gegen einen Barrenholm (Handstütz ca. 10 cm entfernt von der Vertikalen des Holms) und Lösen des Kontaktes vom Holm durch Palmarflexion im Handgelenk; Kein bewusstes Abdrücken mit den Beinen vom Holm erlaubt.

Gemäß empfohlener Trainingsumfänge und -intensitäten (Uzunov, 2008) wurde jede Trainingsübung für 30 s durchgeführt, gefolgt von einer selbstbestimmten Erholungspause (≤ 30 s). Anpassungen der Körperposition im Handstand (Ü4 und Ü6) erfolgten lediglich implizit und ohne jegliche externe Instruktion. Im Nachgang der dritten Trainingswoche erfolgte der Posttest gemäß Prätest-Bestimmungen (Tab. 1 Experimentelles Design: Die experimentelle Struktur der Studie ist charakterisiert durch das Prä-Post-Design. Zwischen Prä- und Post-Test ist ein dreiwöchiger Interventionszeitraum verankert, der eingeleitet durch ein Video-Tutorial insbesondere durch physische Trainingsübungen zur Implementierung der wrist strategy geprägt ist.).

Datenerhebung und -verarbeitung

Die Nutzung eines let-PCs (Frequenz: 60 Hz; Auflösung: 1080 p) ermöglichte standardisierte und anwendungsorientierte Videoaufzeichnungen aus der Sagittalebene (Abb. 5 Datenerhebung im anwendungsorientierten Setting.). Tape-Marker wurden an den folgenden anatomischen

Orientierungspunkten angebracht; 1: Handgelenk (processus styloideus ulnae), 2: Schulter (deltoideus posterior), 3: Hüfte (trochanter major femoris), 4: Knie (epicondylus lateralis femoris), 5: Sprunggelenk (malleolus lateralis). Weitere kinematische Videoauswertungen wurden mit der Software Kinovea 0.8.15 durchgeführt.

In Anlehnung an geltendes internationales Regelwerk hinsichtlich erlaubter Winkelabweichungen von der Handstandposition wurde die Verweildauer im Handstand innerhalb eines Korridors von 15° vor und hinter der Vertikalen oberhalb der Handgelenke gemessen (FIG, 2017; Rohleder & Vogt, 2018a). Die Messung begann, sobald sich beide Beine nach dem Aufschwüngen zum Handstand vollständig innerhalb des Korridors befanden. Unter folgenden Bedingungen wurde die Zeitmessung abgebrochen; 1: Verlassen des Korridors durch die Sprung- oder Fußgelenke, 2: Einleitung der Abrollbewegung durch initiales Beugen der Ellbogen oder Einrollen des Kopfes, 3: Einleitung des Seit- oder Rückspreizens der Füße (initiale Öffnung der maximal verringerten Lücke zwischen beiden Füßen).

In Abstimmung mit geltenden Bewertungskriterien (FIG, 2017) wurde die Qualität der Handstandposition von vier unabhängigen TurnExpert*innen (jeweils zwei Trainer*innen und Kampfrichter*innen mit nationaler Lizenz) durch Punktevergabe auf einer Skala von 0.0-10.0 bewertet. Die Expert*innen wurden instruiert, die Verweildauer im Handstand bei der Bewertung nicht zu berücksichtigen. Stattdessen wurden Sie angehalten, Unsicherheiten und Winkelabweichungen von der perfekten Körperlinie in den großen Körpergelenken zu bewerten. Alle Testversuche wurden den Expert*innen in randomisierter Form präsentiert.

Statistische Datenanalyse

In Anbetracht kollidierender Termine und physischer Probleme bedingt durch das Sportstudium mussten sechs Proband*innen die Studie abbrechen und wurden von der weiteren statistischen Datenanalyse ausgeschlossen. Ein Proband wurde mittels 2 σ -Methode als Ausreißer identifiziert und ausgeschlossen. In Anlehnung an Vogt et al. (2017) wurden die übrigen Proband*innen (n = 25) einer von zwei Gruppen zugeordnet. Dazu wurde die nach Mittelwerten der Prätest-Balancezeiten sortierte Rangliste der Proband*innen in zwei Hälften geteilt (lange Balancezeit, 1.30 \pm 0.65 s; kurze Balancezeit, 0.44 \pm 0.19 s). Gemäß dieser Gliederung wurden die Proband*innen in den weiteren Analysen als qualifiziertere (n = 13) und weniger qualifizierte Novizen (n = 12) klassifiziert [t(23) = 5.40, p < .01].

Für die intervallskalierte Variable Balancezeit wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung (ANOVA) durchgeführt, zumal paarweise Vergleiche (t-Test für abhängige und unabhängige Stichproben) post hoc gerechnet wurden. Zur Bestimmung von Mittelwertunterschieden für die ordinalskalierte Variable Handstandqualität wurden WilcoxonTest sowie der Mann-Whitney-U-Test angewendet. Um der Alphafehlerkumulierung entgegenzuwirken wurde das α -Niveau mittels Bonferroni-Holm-Korrektur angepasst. Zur Einordnung der Interraterreliabilität wurde für die Handstandqualität zudem Kendall's Konkordanzkoeffizient (W) berechnet [W(149) = .787, p < .01]. Für die statistische Datenanalyse wurde die Software SPSS 25.0 verwendet. Das Signifikanzniveau wurde auf p < .05 festgelegt.

Der Handstand ist das Basiselement im Turnen und eine Grundposition in verschiedenen Sportarten. Im Folgenden veranschaulichen drei Bilder gerade Handstände von Turnern auf einem Kasten, einem Holzbalken und auf dem Rasen.

Ergebnisse

Balancezeit

Die ANOVA ergab eine signifikante Interaktion zwischen den Variablen Gruppe und Messzeitpunkt, F(1, 23) = 6.40, p < .05, η^2_p = .22. Der post hoc-Test zeigte verbesserte Balancezeiten lediglich für die weniger qualifizierten [t(11) = 3.93, p < .01, d = 1.30], nicht jedoch für die qualifizierteren Novizen [t(12) = .69, p > .05, d = .27]. Haupteffekte hinsichtlich der Faktoren Messzeitpunkt und Gruppe blieben aus, F(1, 23) = 1.88, p > .05, η^2_p = .08 (Abb. 6 & 7 Graphische Darstellung zur Veränderung

der Handstand-Balancezeiten und Handstandqualität im Prä-Post-Vergleich; Tab. 2 Tabellarische Darstellung ($M \pm SD$) zur Veränderung der Handstand-Balancezeiten und Handstandqualität im Prä-Post-Vergleich.).

Handstandqualität

Der Wilcoxon-Test zeigte signifikant gesteigerte Punktzahlen für die weniger qualifizierten ($Z = -2.67$, $p < .05$, $d = .79$), jedoch nicht für die qualifizierteren Novizen ($Z = -1.71$, $p > .05$, $d = .47$). Weiterhin zeigte der Mann-Whitney-U-test signifikante Gruppenunterschiede im Prätest, $U = 22.50$, $p < .01$, allerdings nicht im Posttest, $U = 77.50$, $p > .05$ (Abb. 7, Tab. 2).

Der Aha-Effekt

Die vorliegende Studie untersuchte praktische Effekte eines expliziten Coachings zur wrist strategy (Yeadon & Trewartha, 2003) auf die sportmotorischen Handstandleistungen bei Turnnovizen unterschiedlichen Ausgangsniveaus.

Gemäß unserer Hypothese (I) zeigten weniger qualifizierte Novizen im Nachgang der Intervention verbesserte Balancezeiten im Handstand. Dieser Effekt blieb bei qualifizierteren Novizen aus. Durch Bewusstmachung der wrist strategy wird bei gänzlich Unerfahrenen offenbar ein Aha-Effekt hinsichtlich eines Verständnisses für die Handstandbalance erzielt, was auf positive Wirkweisen expliziten Lernens zu schließen ist (Sun et al., 2001). Handstände fortgeschrittener Anfänger könnten hingegen durch Reinvestment (Masters & Maxwell, 2008) negativ beeinflusst worden sein, wobei die Balancezeiten in dieser Gruppe lediglich stagnierten, sich jedoch nicht reduzierten.

Gemäß unserer Hypothese (II) zeigten weniger qualifizierte Novizen im Nachgang der Intervention verbesserte Qualitäten der Handstandposition. Dieser Effekt blieb bei qualifizierteren Novizen aus. Es liegt nahe, dass die Bewusstmachung der wrist strategy bei gänzlich Unerfahrenen implizit bewirkt haben könnte, dass Schulter- und Hüftgelenk weniger für Ausgleichskorrekturen hinzugezogen werden müssen, was sich positiv auf das Erscheinungsbild der Handstandposition im Expertenauge ausgewirkt haben könnte. Zudem vermag das vermutete Reinvestment (Masters & Maxwell, 2008) bei Turnern mit impliziter Erfahrung im Handstand auch eine Verbesserung der Handstandvirtuosität beeinträchtigt haben.

Ungeklärt bleibt die Frage, ob die erzielten Effekte primär durch das im Tutorial vermittelte deklarative Wissen zur wrist strategy bedingt sind, oder ob tatsächlich die dreiwöchige Trainingsintervention ausschlaggebend war. Hierzu sind weiterführende Studien erforderlich.

Zusammenfassend rechtfertigen die vorliegenden Ergebnisse die Erforschung praxisnaher Auswirkungen eines expliziten Coachings zur wrist strategy auf die Handstandleistungen bei Novizen unterschiedlichen Leistungsniveaus. Die gewonnenen Erkenntnisse suggerieren, gänzlich Unerfahrene explizit auf die Funktionsweise der Handgelenke im Handstand aufmerksam zu machen, um innerhalb kurzer Zeiträume ganzheitlich verbesserte Handstandleistungen zu bewirken.

Text: Dr. Jonas Rohleder

- » Dr. Jonas Rohleder, geboren 1989 in Siegen, studierte an der Deutschen Hochschule für Gesundheit und Sport in Berlin. Seit 2015 ist er Lehrkraft für besondere Aufgaben im Lehr- und Forschungsgebiet Turnen am Institut für Vermittlungskompetenz in den Sportarten (IVKS) der Deutschen Sporthochschule Köln. Rohleder war professioneller Kunstturner – mehrfacher Deutscher Meister, Weltcup-Teilnehmer in Gent – und geht aktuell noch immer in der 1. Deutschen Turnliga für die Siegerländer Kunstturn-Vereinigung an den Start. 2019 promovierte er am IVKS. Das Thema seiner Dissertation: Handstandvermittlung im Turnen. Kontakt der Email: j.rohleder@dshs-koeln.de

Literatur bei den Autoren.

Duale Karriere

Fortsetzung der Evaluation der NRW-Sportschulen

Die gemeinsame Story von Akteuren in Verbänden von Schule und Leistungssport ist die zeitgleiche Förderung schulischen und sportlichen Erfolgs. Schulpflichtige Nachwuchsleistungssportler*innen sollen bestmögliche schulische Abschlüsse mit leistungssportlichem Engagement und Erfolg vereinen können. In Nordrhein-Westfalen (NRW) stehen für die Unterstützung einer solchen dualen Karriere seit dem Jahr 2006 NRW-Sportschulen zur Verfügung, in denen neben dem überbergreifenden Schulprofil und ggf. verschiedenen Schwerpunkten Leistungssport in besonderer Weise gefördert werden soll. Eine strukturgebende Bedeutung weisen dabei die Rahmenvorgaben (RV) des Landes NRW (MFKJKS, 2011) auf, in denen Grundzüge und einzelne Maßnahmen des Modells programmatisch festgelegt sind. Das Forschungsprojekt Evaluation der NRW-Sportschule der Abteilung Pädagogik der Deutschen Sporthochschule befasst sich seit dem Jahr 2013 mit der Untersuchung der jeweiligen Standorte und erforscht die Implementation und Wirksamkeit des Modells. Aus der systematischen, wissenschaftlichen Analyse resultiert eine Basis zur Bewertung und Weiterentwicklung dieser Förderstruktur. Nach dem Ausgangsprojekt und der Untersuchung von acht Standorten mit neun Schulen (2013-2015) widmete sich das Folgeprojekt den zehn weiteren, noch nicht evaluierten Standorten mit 23 Schulen (2016-2018). Die Ergebnisse dieser Evaluation sind Gegenstand des vorliegenden Beitrags. In fünf Abschnitten werden überblicksartig Forschungsdesign und zentrale Ergebnisse entlang der Evaluationsdimensionen geschildert. Eine Abschlussbetrachtung mit ausgewählten Handlungsempfehlungen und einer Gesamteinschätzung schließt die Ausführungen.

Forschungsdesign

Als Evaluation ist das Forschungsprojekt auf die empirisch fundierte und methodisch kontrollierte Bewertung des Programms NRW-Sportschule inklusive seiner Ziele und Maßnahmen ausgerichtet. Damit werden die Schwerpunkte auf die Kontrolle und Effekte der bestehenden Implementation sowie die rekursive Programmgestaltung gelegt (Kromrey, 2005). Struktur geben die Evaluationsdimensionen (1) Umsetzung der ministeriellen RV, (2) Akzeptanz des Modells und der Umsetzung und (3) Wirksamkeit in der Talententwicklung. Folgende Leitfragen stehen im Fokus: Wurden die in den RV formulierten Anforderungen, Zielsetzungen und Rahmenbedingungen für NRW-Sportschulen hinreichend erfüllt? Inwieweit finden die Schulen aus Sicht der beteiligten Akteure intern wie außerschulisch Akzeptanz? Wie entwickeln sich Schülerinnen und Schüler in den NRW-Sportschulen als sportliche Talente?

NRW-Sportschulen: Ziel der NRW-Sportschulen ist die Förderung der Nachwuchsleistungssportler*innen in der Vereinbarkeit von schulischen und sportlichen Anforderungen.

Die Dimensionen sind über das zugrundeliegende theoretische Modell gekoppelt. Den Ausgangspunkt bildet die sozialwissenschaftliche Netzwerkforschung mit der Perspektive, Netzwerke aus Sozialbeziehungen zwischen Akteuren als eine Grundstruktur des Sozialen zu verstehen (Fuhse, 2009). Als prinzipiell offene Gebilde überspannen sie unterscheidbare Netzwerkkontexte und lassen sich auf ihre Ausprägungen, wie z. B. Zentralität, Nähe und Distanz hin analysieren. Das idealtypische, in den RV beschriebene Netzwerk dient dabei als Messlatte. Das Forschungsprojekt verknüpft die netzwerktheoretische Perspektive mit den Dimensionen pädagogischer Qualität. Diese liegt nach Harvey und Green (2000) in der Zweckmäßigkeit als Zufriedenheit mit dem Grad der Zielerreichung sowie der dazu in Anschlag gebrachten Mittel und in Transformationsprozessen als a) persönlichen Leistungs- oder Bildungswertezuwächsen und/oder b) der Ermächtigung zur selbstbestimmten Steuerung der individuellen Entwicklung.

Innerhalb dieses Verständnisses findet die Analyse und Bewertung des Modells statt. In der Umsetzung liegt der Schwerpunkt auf der Implementation des Programms und der programmatischen Berücksichtigung von Voraussetzungen pädagogischer Qualität. Akzeptanz steht

dabei im direkten Bezug zu Qualität als Zweckmäßigkeit und manifestiert sich in Anlehnung an Quiring (2006) durch eine aktive Partizipation oder ein zustimmendes Werturteil. Die Operationalisierung in Zufriedenheit soll etwaige Verständnisprobleme bspw. bei Schülern vermeiden (Cachay & Thiel, 2008; Kleinert & Brand, 2011). Mit Blick auf die Wirksamkeit wird sportliches Talent mehrdimensional begriffen und an Faktoren, wie Motorik, Outcome, Rahmenbedingungen (Hohmann, 2009; Seidel, 2011; Güllich, 2013) festgemacht sowie über die Dimensionen Transformation und Zweckmäßigkeit analysiert.

Die Evaluation greift dabei auf einen Mix aus quantitativen und qualitativen Zugängen zurück. Die Umsetzungsdimension umfasst Ergebnisse einer Analyse von Schulmaterialien und leitfadengestützten Interviews mit Schulleitungen (n = 23). Eine zusätzliche Interviewbefragung dient der Nacherhebung offen gebliebener und der Vertiefung einzelner Aspekte (n = 23). Die Auswertung der Interviews verlief mittels strukturierender Inhaltsanalyse (Mayring, 2015; Schreier, 2014) und gemäß der Erwartungscluster. In den Dimensionen Akzeptanz (21 Schulen) und Talententwicklung (12 Schulen) dienten standardisierte Fragebögen digital und analog mit offenen und geschlossenen Fragen zur Datenerfassung.

Ergebnisse & Diskussion

Umsetzung

Die Umsetzung von Maßnahmen und deren Ausrichtung orientiert sich bei den Schulen zumeist an den Vorgaben der NRW-Sportschulen. Das betrifft insbesondere Strukturen, wie den Einsatz des Motorischen Tests 1 für NRW, das Angebot von Schulsportgemeinschaften und die Integration von Sportmodulen in den Schulalltag (Sportfeste, Pausensport etc.), spezielle Angebote für Sportler*innen in Form (individualisierter) Betreuungs- und Unterstützungsmaßnahmen oder Freistellungen. Zugleich bricht sich die Programmnorm an den jeweiligen regionalen und schulspezifischen Bedingungen, bei denen Unterschiede vor allem in Art und Anzahl der Profilsportarten, der Schulform und -größe, dem Einstiegszeitpunkt ins Programm und leistungssportlichen Strukturen vor Ort etc. liegen. Die Schulen weisen bei der Umsetzung eine Eigenlogik auf, die neben übergreifenden Gemeinsamkeiten der Schulen insbesondere individuelle Ausprägungen anzeigt.

In den Abweichungen von der Programmvorgabe liegen allerdings wiederum Gemeinsamkeiten der Schulen; z. B. dadurch, dass Schwierigkeiten bei Aufnahmeverfahren bestehen, die Sportstätten-situation Bedarfe aufweist oder bei Kooperationen mit Grundschulen Probleme und Limitationen bestehen. Auf programmatischer Ebene fehlt es zudem zum Teil an aktuellen Schulprogrammen, expliziten sportlichen Leitbildern und dokumentierten Talentverständnissen. Vor diesem Hintergrund lassen sich neben schulspezifischen Handlungsempfehlungen übergreifende Potenziale ausmachen und an das Programm der NRW-Sportschule richten.

Ein weiterer Faktor, der Abweichungen von der Norm begründet, liegt in der unterschiedlichen Anzahl beteiligter Schulen an den jeweiligen Standorten, die von Einzelschulen bis zu einem Verbund von vier Schulen, bspw. in Bochum und Köln variiert. Daraus ergeben sich sozialstrukturell andere Ausprägungen des jeweiligen standortspezifischen Netzwerks NRW-Sportschule. NRW-Sportschulen bilden Netzwerke aus Schule(n), organisiertem Sport in Form von Vereinen, Verbänden, Stützpunkten etc., städtischen Partnern, politischen Instanzen und weiteren Akteuren. Die beteiligten Akteure variieren ebenso wie ihre Zentralität im Netzwerk, wobei sich innerhalb eines Standorts Partner mit unterschiedlichen Voraussetzungen finden, bspw. durch die Beteiligung von Bundesligavereinen oder hauptsächlich auf ehrenamtlicher Tätigkeit basierenden Vereinen. Die Intensität der Zusammenarbeit weist ebenfalls Unterschiede durch engere und lockere Kooperationen auf. Am Standort Bochum nimmt beispielhaft der dortige Olympiastützpunkt eine zentrale Rolle ein, der neben seiner Einbindung in Maßnahmen und Absprachen als Mittler eine Verknüpfung zu weiteren Organisationen herstellt.

Bei aller Unterschiedlichkeit finden sich schulübergreifend ähnliche Strukturen u. a. bei der Gestaltung von Kommunikationswegen und Funktionen einzelner Akteure. Während Schulleitungen

als Machtpromotoren agieren und damit von zentraler Bedeutung bei Entscheidungsprozessen (z. B. Kooperation, Freistellungen) und der Durchsetzung des Programms sind, findet sich an allen Schulen die Position der Sportkoordination, die in der Zusammenarbeit diverser Organisationen als Beziehungspromotor wirken und schulintern als Prozesspromotor Abläufe zwischen einzelnen Akteuren verknüpfen. Als Ansprechpartner für verschiedene Akteure nehmen sie im Verbund von Schule und Leistungssport eine zentrale Position ein. Andere Sozialfiguren, wie Schulkoordinatoren des DFB, Lerncoaches usw. finden sich an wenigen oder einzelnen Standorten.

An allen Standorten wird deutlich, dass die duale Karriere ein übergeordneter Bezugspunkt der Arbeit im Verbund ist und somit als gemeinsame Story des Netzwerks identifiziert werden kann. Die Berücksichtigung schulischer und sportlicher Leistungen und Anforderungen in diversen Kontexten sowie Maßnahmen zur Förderung der sozialen oder persönlichen Entwicklung drücken das beispielhaft aus. Damit verweist die Untersuchung dieser Sozialbeziehungen auf pädagogische Qualität im Netzwerk der jeweiligen NRW-Sportschule. Als Enhancement kommt dies gemäß der Zielsetzung insbesondere in der Förderung schulischer und sportlicher Entwicklung zum Ausdruck. Beide Bereiche treten im Verständnis gelungener dualer Karriere seitens der Schulleitungen auf und werden in den Maßnahmen der Schulen (Sportförderung, Unterstützungsmaßnahmen etc.) manifest. Anlässe für ein Empowerment der Schüler als Transformationsleistung zur Ermächtigung selbstbestimmten Handelns sind ebenfalls teilweise strukturell integriert durch das Anstreben von Reflexionsprozessen, theoretischen Thematisierungen des Sports oder des eigenen Trainings oder beispielhaft Aktionstagen zum Thema Doping. Beratungsangebote stehen an allen Schulen zur Verfügung und können bspw. bei Druck (in Schule und/oder Sport) zum Einsatz kommen. Darüber hinaus umfasst die sportliche Förderung abseits des Wegs als Leistungssportler*in weitere Einbindungsmöglichkeiten u. a. durch Breitensportlich ausgerichtete Maßnahmen oder in Form von Ausbildungsangeboten für Sporthelfer*innen, Übungsleiter*innen etc.

23 Schulen an zehn Standorten wurden evaluiert. In einer ersten Phase (2013-2015) wurden bereits neun Schulen an acht Standorten evaluiert. Nachzulesen in: IMPULSE 2 | 2017, Internetseite: www.dshs-koeln.de/impulse

Akzeptanz

Die Umsetzung und Ausrichtung des Programms trifft bei den befragten Akteuren weitestgehend auf Akzeptanz. Mehrheitlich negative Bewertungen von Maßnahmen sind auf der sachstrukturellen Ebene die Ausnahme (z. B. Sportgruppenangebot, Sportstätten) und betreffen oftmals einzelne Akteursgruppen. Die Negativurteile liegen teilweise in schulspezifischen Gegebenheiten begründet und sind vor deren Hintergrund differenziert zu betrachten. Gleiches gilt für die Sozialbeziehungen der Akteure untereinander, die überwiegend ein zweckmäßiges Miteinander umfassen, was sich bspw. bei Unterstützungsleistungen der Schüler*innen oder der Zusammenarbeit schulischer und sportlicher Akteure zeigt. Beispielhaft zeigt Tabelle 1 die Zufriedenheit des Miteinanders von Sportschüler*innen und Nicht-Sportschüler*innen an den untersuchten NRW-Sportschulen.

Verbesserungspotenziale liegen vor und betreffen bspw. die schulinterne Kommunikation sowie die Einbindung der Akteure in Entscheidungen. Als Netzwerk von Akteursgruppen bzw. Personen mit unterschiedlicher organisationaler Anbindung ist das Ergebnis in der Mehrzahl positiv zu werten. Gleiches gilt für die Ebene der Programmatik, auf der überwiegend positive Werturteile für die Förderung der dualen Karrieren und des Leistungssports sowie zustimmende Urteile zu positiven Zuschreibungen zum Sport (bspw. Persönlichkeitsentwicklung) das Meinungsbild prägen.

Talententwicklung

Die Entwicklung der Talente weist dagegen ein heterogeneres Ergebnis auf. Steigerungen des Trainingspensums, der Wettkampfteilnahmen und der -platzierungen zeigen positive Entwicklungen und pädagogische Qualität als Enhancement auf. Tabelle 2 zeigt beispielhaft die Wettkampfplatzierungen der befragten NRW-Sportschüler*innen im Zeitverlauf.

Schwerpunkte abseits der Profilsportarten und eine Dropoutquote von ca. zwei Dritteln zum Übergang in die leistungssportliche Förderung stehen dem gegenüber, wobei Ursachen bei Schüler*innen (fehlendes Interesse) und Bedingungen (fehlende Unterstützung, unzureichende Vereinbarkeit) liegen. Darüber hinaus deuten Angaben der befragten Schüler*innen auf Einschränkungen in der Zweckmäßigkeit der Bedingungen für eine leistungssportliche Förderung (an der Schule allgemein, bei Sportstätten, Zusammenarbeit mit Verein) hin. Die Unterstützung einzelner Akteursgruppen auf personeller Ebene ist dagegen zufriedenstellend. Die Selbsteinschätzung der befragten Schüler*innen zu ihrer sportlichen und schulischen Entwicklung ist ebenfalls heterogen und weist einerseits auf ein duales Enhancement und andererseits auf negativ bewertete Entwicklungen in einem oder beiden Bereichen seit Aufnahme an die Schule hin.

Abschlussbetrachtung

Mit ihrem programmgestaltenden Anspruch kommt die Evaluation zu Handlungsempfehlungen auf Basis der erhobenen Ergebnisse, die sich an den Programmgeber und/oder Einzelschulen richten. Anlässe betreffen unterschiedliche Ebenen: In programmatischer Hinsicht liegen Bedarfe an einer Aktualisierung und schriftlichen Dokumentation von Schulprogrammen und Leitbildern, der Abstimmung unterschiedlicher Förderlinien (Eliteschule des Sports, NRW-Sportschule etc.), der Diskussion einer expliziter Förderung des paralympischen Sports und einer dokumentierten Bestimmung des Talentbegriffs vor. Die Dokumentation expliziter Leitbilder oder Talentbegriffe bietet handelnden Akteuren Orientierung und fördert womöglich eine gemeinsame Ausrichtung von Maßnahmen, was gerade bei nicht zum institutionell-organisatorischen Nahbereich der Schulen gehörenden Akteuren von Bedeutung ist. Ein mehrperspektivischer Begriff sportlichen Talents kann möglicherweise Akzeptanz für die gemeinsame Arbeit von Schule und Sport begründen, die Identifikation mit dem Programm fördern (Heinrich & Kussau, 2016) und an einzelne Förder- und Diagnoseverfahren angekoppelt werden. Sachstrukturelle Vorschläge beziehen sich u. a. auf einzelne Maßnahmen, Bedingungen bei Aufnahmeverfahren, Asymmetrien bei Sportarten (Schülerzahlen, Bedingungen), Datenerhebungen und Sportstätten. Ein Fehlen geeigneter Sportstätten ist auch dadurch von Brisanz, da diese von einigen Schulen als Bedingung zur Teilnahme am NRW-Sportschulprogramm galt. Der Bedarf ist dabei im Netzwerk beteiligter Partner zu decken und an die Anforderungen jeweiliger Maßnahmen (Sportunterricht, Leistungstraining etc.) anzupassen. Auf sozialstruktureller Ebene geht es um Partizipationsmöglichkeiten für Schüler*innen, Eltern und Vertreter*innen des Sports, Probleme bei der Personalrekrutierung und Ausbaupotenziale bei der Zusammenarbeit mit Grundschulen. So erscheint eine zielgerichtete Ausrichtung der Kooperation für beidseitige Erwartungssicherheit und eine Koordinierung von Kapazitäten und erwarteten Erträgen zweckmäßig. Die Überführung der Zuständigkeit für diese Aufgabe in eine bestehende oder die Einrichtung einer neuen (ggf. schulübergreifenden) Stelle kann in Abstimmung des Programmgebers mit den jeweiligen NRW-Sportschulen sinnvoll sein.

Davon abgesehen kommt die Evaluation in Anbetracht ihrer theoretischen und methodischen Möglichkeiten zu dem Fazit, dass die Umsetzung des Programms insgesamt hinreichend und zweckmäßig stattfindet und positive Talententwicklung ermöglicht, Abweichungen von Programmnorm sowie eigenlogischer Umsetzung seitens der Schulen erwartbar sind und Anlass für wechselseitige Anpassungen zwischen Schulen und Programm sein können. Flexibilität auf Seiten der Schulen ist damit ebenso gefordert wie eine Gestaltung flexibler Vorgaben, die Orientierung geben und für schulspezifische Bedingungen übersetzt werden können.

Ausführlichere Darstellungen und Ergebnisse sind nachzulesen in: Körner, S., Bonn, B, Karsch, J., Nöcker, C., Scharf, M. & Symanzik T. (2019). Netzwerk NRW-Sportschule: Umsetzung, Akzeptanz und Talententwicklung an zehn Standorten des Verbundmodells. Meyer & Meyer: Aachen (in Vorbereitung).

Text: Benjamin Bonn, Swen Körner, Tino Symanzik, Johannes Karsch & Christopher Nöcker

- » Benjamin Bonn, geboren 1990, studierte von 2010 bis 2016 Sport und Spanisch im Lehramt Staatsexamen für Gymnasium und Gesamtschule an der Deutschen Sporthochschule und der

Universität Köln. Seit 2013 arbeitete er im Institut für Pädagogik und Philosophie erst als studentische Hilfskraft und ab 2016 als wissenschaftlicher Mitarbeiter. 2016 begann er zudem mit seiner Promotion mit der Untersuchung von pädagogischen Formen beim Selftracking. Mitte 2019 wechselte er in die Abteilung Trainingspädagogik und Martial Research. Thematische Schwerpunkte seiner Arbeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter liegen derzeit in Selftracking, E-Sport, Netzwerkforschung und Verbänden von Schule und Leistungssport. Kontakt der Email: b.bonn@dshs-koeln.de

- » Dr. Tino Symanzik, geboren 1980, studierte von 2001 bis 2006 Sport- und Politikwissenschaft an der Universität Rostock. Seine Dissertation schrieb er von 2006 bis 2009 zum Thema „Netzwerk Fußball: Eine machtpsychologische Betrachtung der Bundesliga im Einflussfeld der Massenmedien“. Bevor er an die Sporthochschule wechselte, arbeitete er crossmedial als freier Journalist und als wiss. Mitarbeiter im BISP. Seit 2013 ist er in der Abteilung Pädagogik als wiss. Mitarbeiter beschäftigt und koordiniert Forschungsprojekte in den Themenfeldern Dopingprävention und dem Verbund Schule-Leistungssport. Als freiberuflicher Dozent ist er zudem für die Trainerakademie des DOSB und Sportverbände tätig. Kontakt der Email: t.symanzik@dshs-koeln.de
- » Univ.-Prof. Dr. Swen Körner, geboren 1975, hat u.a. Sportwissenschaft an der Deutschen Sporthochschule studiert und ist Preisträger des Deutschen Studienpreises der Körber-Stiftung 2001. 2008 promovierte er zum Dr. phil. an der Technischen Universität Darmstadt (summa cum laude). Seit 2009 ist er Professor für Sportwissenschaft. Aktuell leitet er die Abteilung für Trainingspädagogik und Martial Research an der Deutschen Sporthochschule Köln. Seine derzeitigen Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der Professionalisierung des Polizeilichen Einsatztrainings, der Gewaltdynamiken im Einsatz von Rettungskräften und der Martial Arts Studies. Kontakt der Email: koerner@dshs-koeln.de

Immunbiologischer Einfluss von Sport bei Multipler Sklerose

Schon längere Zeit weiß man in der Medizin, dass Sport positive Effekte für das Gehirn hat. Daher sind Sportprogramme auch für Patient*innen, die an Multipler Sklerose (MS) leiden, bereits fest etabliert. Im Institut für Kreislaufforschung und Sportmedizin, Abteilung molekulare und zelluläre Sportmedizin, erforschen Wissenschaftler*innen den Einfluss, den Sport und Bewegung auf diese chronische Erkrankung des zentralen Nervensystems ausüben.

Die Multiple Sklerose (MS) ist eine Autoimmunerkrankung, bei der sich autoreaktive Immunzellen gegen die fetthaltige Ummantelung der Nervenzellen im Zentralen Nervensystem (ZNS) richten. Die entstehenden Schädigungen der Nervenzellen beeinträchtigen maßgeblich psychomotorische Funktionen sowie die kognitive Leistungsfähigkeit, was sich negativ auf die Lebensqualität und Alltagsbewältigung der Betroffenen auswirkt.

Der zuletzt 2014 veröffentlichte „Atlas of Multiple Sclerosis“ offenbarte, dass die geschätzte Zahl der Personen mit MS zwischen 2008 bis 2013 weltweit von 2.1 auf 2.3 Mio. anstieg (Browne, 2014). Eine Auswertung von Abrechnungsdaten der deutschen Vertragsärzte ergab, dass in einem ähnlichen Zeitfenster (2009-2015) die Gesamtzahl an ambulant versorgten und gesetzlich versicherten Patienten mit MS von 172 Tsd. auf mehr als 223 Tsd. gestiegen ist.

Etwa 85 % der Personen, die an MS leiden, haben einen schubförmig remittierenden Krankheitsverlauf. Anders als die primär progrediente Form der MS, welche sich durch einen stetigen Krankheitsfortschritt charakterisiert und die schwerwiegendste Form darstellt, zeichnet sich die schubförmige Verlaufsform durch einen Wechsel von symptomatischen und symptomfreien Phasen aus. Mit der Zeit geht diese Form in die sekundär progrediente Verlaufsform mit einer kontinuierlichen Verschlechterung der Symptomatik über. Medikamentöse Therapien wirken hier auf unterschiedliche Weise regulierend auf die chronisch schwelenden entzündlichen Herde in der Peripherie und ZNS ein. Allerdings ist bei der Einnahme von Medikamenten das Auftreten von unerwünschten Nebenwirkungen nicht ausgeschlossen.

Eine nicht nur nebenwirkungsarme, sondern auf systemischer Ebene förderliche Therapiemaßnahme ist die Bewegung. Mittlerweile gibt es ausreichend wissenschaftliche Evidenz, welche die anti-inflammatorischen und immunregulatorischen Eigenschaften regelmäßiger Bewegung und eines aktiven Lebensstils belegen (Pedersen, 2015; Walsh, 2011). Das ist wohl auf eine Wiederherstellung des Gleichgewichts zwischen (anti-)inflammatorischen Immunzellen und ihrer Produktion von Botenstoffen zurückzuführen. Durch die Kooperation des Instituts für Kreislaufforschung und Sportmedizin (Abt. molekulare und zelluläre Sportmedizin) mit den Kliniken Valens (Rehabilitationsklinik, Schweiz) konnten bisher eindrucksvolle Ergebnisse eines regelmäßigen Trainings auf den Symptomkomplex sowie mögliche zugrundeliegende molekulare Mechanismen festgestellt und publiziert werden (Zimmer, 2017). Dabei scheint die Art und Weise, wie trainiert wird, nicht unerheblich zu sein. Immer mehr Studien zeigen, dass es eine gewisse Dosis-Wirkungs-Beziehung zu geben scheint: Je stärker der akute Belastungsreiz ein System aus dem Gleichgewicht bringt, desto größer sind die langfristigen positiven Anpassungen. Tatsächlich scheinen auch Personen mit MS besonders von intensiven Trainingsformen zu profitieren (Hubbard, 2019; Zimmer, 2017).

Daher untersucht die Arbeitsgruppe der klinischen Sport-(Neuro-)Immunologie unter der Leitung von Dr. Dr. Philipp Zimmer den Einfluss von rehabilitativen und alltagsnahen Trainingsinterventionen auf den MS-spezifischen Symptomkomplex und immunologische Biomarker, um Bewegungsempfehlungen zu optimieren und zugrundeliegende molekulare Mechanismen zu identifizieren.

Kognition

Kognitive Einschränkungen werden von 43-70 % der Erkrankten berichtet. Verminderte Gedächtnisleistungen, Defizite in der Verarbeitungsgeschwindigkeit sowie den exekutiven

Funktionen führen zu Einschränkungen im Alltag und der beruflichen Tätigkeit vieler Betroffenen und resultieren in einer reduzierten gesundheitsbezogenen Lebensqualität (Langdon, 2012). Körperliche Aktivität stellt einen potentiellen nicht-medikamentösen Therapieansatz dar, welcher zunehmend an Bedeutung gewinnt. Bewiesen ist der positive Zusammenhang von körperlichen Belastungen und einer erhöhten Konzentration der Wachstumsfaktoren BDNF (Brain-derived neurotrophic factor) und VEGF (vascular-endothelial growth factor), welche eine starke neuroprotektive Wirkung aufweisen und unter anderem für die Stimulation von Neuro-, Synapto- und Angiogenese verantwortlich sind (Zimmer, 2019 akzeptiert). Zusätzlich konnten Anpassungen durch körperliche Belastungen auf struktureller Ebene im Gehirn bei Personen mit MS festgestellt werden (Kjølhede, 2018). Vor dem Hintergrund der neurodegenerativen Eigenschaften von MS und der beschriebenen Wirkung von körperlicher Aktivität weisen sporttherapeutische Bewegungsinterventionen ein hohes Potential zur supportiven Therapie auf. Bislang existieren zu diesem Forschungsthema jedoch wenig randomisierte-kontrollierte Studien mit ausreichender methodischer Qualität, um eindeutige Aussagen über die Effekte körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei Personen mit MS zu treffen (Sandroff, 2016). In einer bereits abgeschlossenen Studie konnte unsere Arbeitsgruppe den positiven Einfluss eines hochintensiven Intervalltrainings, verglichen zu einem moderaten kontinuierlichen Training, auf das verbale Gedächtnis bei Personen mit schubförmiger und sekundär progredienter MS zeigen (Zimmer, 2018). Darauf basierend untersuchen wir aktuell in zwei randomisiert-kontrollierten Studien den Einfluss hochintensiver Belastungen auf unter anderem die Verarbeitungsgeschwindigkeit, das verbale und räumlich-visuelle Gedächtnis, um langfristig nicht-medikamentöse Therapieempfehlungen aussprechen zu können (Joisten, 2019; Proschinger, 2019 eingereicht).

An dieser Stelle verdeutlicht die Abbildung 1 Sporttherapeut und Studienleiter Dr. Jens Bansi, welcher in den Kliniken Valens Patient*innen und Studienteilnehmer*innen bei den regelmäßig durchgeführten Trainingseinheiten auf dem Fahrradergometer motiviert.

Inflammation

Neben neuroprotektiven Eigenschaften weist körperliche Aktivität auch eine anti-inflammatorische Wirkung auf. Es wird dabei zwischen indirekten und direkten Effekten unterschieden, welche vor dem Hintergrund des allgemein wandelnden Lebensstils zunehmend an Bedeutung gewinnen. Bei dem indirekten Effekt unterstützt regelmäßige körperliche Aktivität die Reduktion von viszeralem Fettgewebe, welches mit einer erhöhten Konzentration von inflammatorischen Immunzellen und einer verminderten Konzentration von anti-inflammatorischen regulatorischen T-Zellen (Tregs) assoziiert wird. Durch diese immunologische Dysbalance ist das Risiko eines chronischen inflammatorischen Zustands im Körper deutlich erhöht (Gleeson 2011).

Dem direkten Effekt werden verschiedene Mechanismen zu Grunde gelegt: Erstens besteht ein Zusammenhang zwischen der akuten Ausschüttung von Interleukin- (IL) 6 durch Muskelkontraktionen während körperlicher Aktivität und einer anschließend erhöhten Konzentration anti-inflammatorischer Zytokine wie IL-10 und IL-1 Rezeptor Antagonisten (Steensberg, 2003). Zweitens wirkt körperliche Aktivität und die damit einhergehende Ausschüttung von IL-6 hemmend auf die Freisetzung des häufig an Entzündungsprozessen beteiligten Tumor-Nekrose-Faktors-alpha (TNF-alpha) (Starkie, 2003). Drittens ist eine erhöhte kardiorespiratorische Fitness mit einer erhöhten Konzentration anti-inflammatorischer Tregs assoziiert (Weinhold, 2016). Besonderes Letzteres stellt vor dem Hintergrund des vermuteten pathologischen Mechanismus von MS (siehe Abschnitt „Immunologische Dysbalance bei Multipler Sklerose“) eine wichtige Rolle dar. Bezüglich der Belastungsintensität wurde im Rahmen eines Mausmodells mit experimenteller MS gezeigt, dass ein hochintensives Ausdauertraining stärkere anti-inflammatorische Effekte verglichen zu einem moderaten Ausdauertraining erzeugt hat (Xie, 2019). In einer Übersichtsarbeit von Barry et al. (2016) werden die anti-inflammatorischen Effekte körperlicher Aktivität bei Personen mit MS dargestellt und das Potential körperlicher Aktivität in Bezug auf die Modulation entzündlicher Prozesse hervorgehoben. Die Inhalte der einzelnen Trainingsinterventionen der Untersuchungen variieren

jedoch bezüglich -art, -dauer und -intensität, was erneut den Forschungsbedarf in diesem Themenfeld verdeutlicht, um künftig spezifische Trainingsempfehlungen formulieren zu können.

Immunsystem

Je nach Aufgabe und Rekrutierungsdauer lässt sich die Gesamtheit der Immunzellen entweder der angeborenen (u. a. Makrophagen) oder der erworbenen Immunabwehr (B-Zellen, T-Zellen) zuordnen. Bei der MS weiß man um ein Ungleichgewicht im Arm des erworbenen Immunsystems zugunsten der T-Zellen mit proinflammatorischen Eigenschaften (Jones, 2016). Insbesondere spricht man hier von den sogenannten T-Helferzellen vom Typ 1 (TH1) und 17 (TH17), welche bei einer chronisch erhöhten Aktivität durch die Produktion von inflammatorischen Botenstoffen nicht nur auf peripherer Ebene negative Effekte zeigen, sondern auch im ZNS ein inflammatorisches und damit zelltoxisches Milieu fördern (Lovett-Racke, 2011).

Die sogenannten CD8+ T-Zellen stellen eine wichtige Fraktion der TH1 dar und sind aufgrund ihrer zelltoxischen Eigenschaften bei der Elimination von Virus-infizierten und entarteten Zellen von hoher Bedeutung. Allerdings sind sie auch maßgeblich an der autoreaktiven Immunantwort gegen die fetthaltige Ummantelung der Nervenzellen im ZNS beteiligt, da sie bestimmte Oberflächeneiweiße dieser Zellen als körperfremd erkennen (Dendrou, 2015). Diese fehlgeleitete Immunantwort bildet die Grundlage der Autoimmunreaktion und damit des Krankheitsbildes.

Tregs besitzen potente anti-inflammatorische Eigenschaften und können die immunologische Dysbalance durch die Hemmung der TH1 und TH17 korrigieren. Untersuchungen an Mausmodellen der MS konnten zeigen, dass Bewegung nicht nur die Fraktion der Tregs erhöht bzw. die der TH1/TH17 senkt (Xie, 2019). Die Wiederherstellung des immunologischen Gleichgewichts korreliert darüber hinaus signifikant mit einer Verlangsamung des Krankheitsprogresses sowie einer Verbesserung der MS-spezifischen Symptomatik. Eine kürzlich erschienene Untersuchung unserer Abteilung zeigte einen intensitätsabhängigen Effekt von regelmäßiger körperlicher Aktivität auf die Zellzahl und anti-inflammatorische Kapazität der Tregs bei gesunden Menschen (Weinhold, 2016). Erst am 31.10. wurde eine Studie abgeschlossen, bei der unsere Arbeitsgruppe den Einfluss eines dreiwöchigen hochintensiven Intervalltrainings (HIIT) sowie moderaten Ausdauertrainings auf die Anzahl der Tregs bei Personen mit MS als primären Endpunkt untersucht. Wir nehmen an, dass sich entsprechend einer Dosis-Wirkungs-Beziehung die Zellzahl erhöht und damit positiv auf das immunologische Gleichgewicht einwirkt.

An dieser Stelle erläutern Abbildung 2 & 3 folgende Ergebnisse:

Abb. 2.: Signifikante Gruppen*Zeit-Effekte für die Sauerstoffaufnahme (A) (verbesserte kardiorespiratorische Fitness) und Matrix-Metalloproteinase-2 Serumkonzentration (B) (verringertes Inflammationsgeschehen) zugunsten der Gruppe, die ein hochintensives Intervalltraining absolvierte (Zimmer, 2017).

Abb. 3: Systemische gesundheitsförderliche Effekte regelmäßiger körperlicher Aktivität und sportlicher Betätigung. Im Kontext des Krankheitsbildes der Multiplen Sklerose führt dies auf lange Sicht zu einer Verbesserung der MS-spezifischen Symptomatik (siehe Text) und der Bewältigung alltäglicher Aufgaben sowie zu einer Erhöhung der Lebensqualität. Modifiziert nach Meneses-Echavez, 2016.

Blut-Hirn-Schranke

Lange Zeit galt das ZNS als immunprivilegiert. Das wurde durch die Existenz der Blut-Hirn-Schranke (BHS) angenommen, die das Gehirn vor einer Infiltration peripherer Immunzellen durch eine undurchlässige Struktur schützen sollte. Mittlerweile ist bewiesen, dass sich die Durchlässigkeit der BHS physiologisch wie auch pathologisch modulieren lässt (Galea, 2007). Eine akute Infiltration von Immunzellen bei einer Infektion oder Verletzung ist lebenswichtig. Eine dauerhaft erhöhte Infiltration aufgrund von chronischen Entzündungen im ZNS wie bei der MS ist jedoch pathologisch.

Eine solche chronische Neuroinflammation zeichnet sich darüber hinaus dadurch aus, dass die gehirnsässigen Immunzellen (Mikroglia) ihre inflammatorische Aktivität hochregulieren und damit andere Hirnzellen (Astrozyten) aktivieren, die sehr engmaschig mit den Endothelzellen der BHS kommunizieren. Gemeinsam erhöhen sie die Durchlässigkeit der BHS und fördern den Übertritt aktivierter peripherer Immunzellen, welche wiederum in einem Teufelskreis die Aktivität der inflammatorischen Eigenschaften der Mikroglia und Astrozyten erhöhen (Laroche, 2011).

Das häufig verabreichte Medikament Natalizumab hemmt die Infiltration peripherer Immunzellen in Entzündungsherde des ZNS. Doch auch Bewegung kann die Serumkonzentration von Enzymen herunterregulieren, die als Werkzeuge von Immunzellen dienen, um die BHS durchlässiger zu machen – und dies nur bei einem HIIT (Zimmer, 2017). Dabei handelt es sich um die Matrix-Metalloproteinase-2 (MMP-2). Eine aktuelle Übersichtsarbeit unterstreicht den Einfluss von regelmäßiger Bewegung auf die Physiologie der BHS und hebt die Relevanz von Bewegung bei neuroinflammatorischen und neurodegenerativen Erkrankungen wie MS hervor (Malliewicz, 2019).

Unsere Arbeitsgruppe führt momentan eine randomisierte kontrollierte Studie durch, in welcher der Einfluss einer alltagsnahen und gemeinschaftsbasierten zwölfwöchigen Trainingsintervention auf die MMP-2 Serumkonzentration als primärer Endpunkt untersucht wird.

Kynureninpfad

Der Kynureninpfad beschreibt den vorrangigen Stoffwechselweg (> 90%), über den die essentielle Aminosäure Tryptophan (TRP) metabolisiert wird. Bei Personen mit MS ist der Kynureninpfad sowohl in der Peripherie als auch im ZNS im Vergleich zu Gesunden pathologisch erhöht (Lim, 2017). Ausschlaggebend hierfür scheinen systemische Inflammationszustände, die für eine verstärkte Aktivität des initialen und ratenlimitierenden Enzyms, der Indolamin 2,3-Dioxygenase (IDO), sorgen (Platten, 2019). Interessanterweise sind vor allem inflammatorische Enzyme verantwortlich für eine verstärkte IDO Expression, welche auch nach akuten körperlichen Belastungen ansteigen. Kynurenin selbst wirkt stark immunsuppressiv (u.a. durch die Förderung der Differenzierung zu Tregs) weshalb die pathologische Erhöhung bei Personen mit MS auch als körpereigener Rebound-Effekt interpretiert wird, um dem krankheitsbedingten Inflammationszustand entgegenzuwirken (Fakan, 2019). Unsere Arbeitsgruppe konnte bereits bei gesunden sowie bei Personen mit schubförmiger MS zeigen, dass einmalige, intensive Ausdauerbelastungen den Kynureninpfad kurzzeitig aktivieren (Koliamitra, 2019). Demzufolge könnten sich regelmäßig wiederholende Trainingsstimuli bei ausreichender Intensität über kurzzeitige Aktivierungen des Kynureninpfads für eine chronische Erhöhung der anti-inflammatorischen Kapazität sorgen. Diese Hypothese wird derzeit in einer großangelegten, randomisierten kontrollierten Studie unserer Arbeitsgruppe untersucht (Joisten, 2019). Neben den zugrundeliegenden Mechanismen, welche auf eine Reduktion des Inflammationsgeschehens abzielen, werden auch Zusammenhänge zwischen der Regulation des Kynureninpfads und krankheitsbedingten Symptomen bei Personen mit MS vermutet (Lim, 2017). Daher ist ein weiteres Ziel der erwähnten Studie, potentielle Assoziationen zwischen belastungsinduzierten Änderungen des Kynureninpfads und patientenbezogenen Messgrößen, die bspw. die Müdigkeit oder die Lebensqualität erfassen, zu untersuchen. Die Studie wird die erste ihrer Art sein, welche sowohl akute als auch chronische Belastungseffekte bei Personen mit MS beobachtet und diese miteinander in Verbindung bringt.

Bewegungsempfehlungen sind notwendig

Während immer mehr Evidenz die effiziente Symptomlinderung durch regelmäßige körperliche Aktivität bei Personen mit MS unterstreicht, existieren bislang keine spezifischen Bewegungsempfehlungen. Diese sind notwendig, um Bewegungsprogramme alltagsbegleitend sowie in Rehabilitationszentren so effizient wie möglich zu gestalten. Darüber hinaus stellt sich die Frage, ob regelmäßige Bewegung bei Personen mit MS nicht nur Symptome lindern kann, sondern auch den Krankheitsfortschritt positiv beeinflusst. Mehr randomisierte kontrollierte Studien sind nötig, um die Bewegungsempfehlungen für Personen mit MS in verschiedenen Krankheitsstadien zu optimieren. Ein ganzheitliches Assessment (körperliche Leistungsfähigkeit, Kognition, subjektives Befinden,

Lebensqualität) sowie die Analyse sensibler Biomarker sind notwendig, um mögliche zugrundeliegende krankheitsmodulierende Eigenschaften einer Trainingsintervention zu identifizieren.

Text: Sebastian Proschinger, Annette Radmacher, Niklas Joisten, Marit Lea Schlagheck, David Walzick, Wilhelm Bloch, Philipp Zimmer

- » Sebastian Proschinger, geboren 1991, studierte von 2011 bis 2017 Sportwissenschaften mit den Schwerpunkten „Sport und Gesundheit in Prävention und Therapie“ (Deutsche Sporthochschule Köln) sowie „Neurobiologie der Bewegung“ (Universität Bielefeld). 2018 begann er mit der Promotion (Immunologischer Einfluss von Bewegung bei Multipler Sklerose) und arbeitet seitdem als wissenschaftliche Hilfskraft am Institut für Kreislaufforschung und Sportmedizin (Abteilung molekulare und zelluläre Sportmedizin) der DSHS. Seit 2019 absolviert er ein Zweitstudium der Biologie. Kontakt der Email: s.proschinger@dshs-koeln.de
- » Dr. Dr. Philipp Zimmer, geboren 1983, studierte Sportwissenschaften an der Deutschen Sporthochschule Köln (2004- 2008) sowie Neurowissenschaften an der medizinischen und naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Köln (2009-2012); Promotion zum Dr. rer. medic. (summa cum laude) an der Universität zu Köln (2014), Promotion zum Dr. Sportwiss. (summa cum laude) an der DSHS (2015); Leiter der Arbeitsgruppe „Sport- (Neuro-) Immunologie“ im Institut für Kreislaufforschung und Sportmedizin (Abteilung molekulare und zelluläre Sportmedizin) der DSHS und Post-Doc am Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ) in Heidelberg (2014-2019); Habilitation für den Bereich „Biomedizinische Sportwissenschaften“ an der DSHS (2019); Vertretungsprofessur und Leitung der Abteilung „Sport und Gesundheit“ an der Leibniz Universität Hannover (seit 2019). Kontakt der Email: p.zimmer@dshs-koeln.de

Motilität und Mobilität älterer gebrechlicher Menschen

Mobilität wird allgemein definiert als die Fähigkeit, sich zu bewegen – durch eigenständiges Gehen, unterstützt durch Hilfsmittel oder durch Benutzung von Transportmitteln (Webber, 2010). Der Erhalt der Mobilität ist die Basis aktiven und unabhängigen Alterns. So ist eine eingeschränkte Mobilität ein frühes Anzeichen drohender körperlicher Behinderungen und eines erhöhten Mortalitätsrisikos (Hirvensalo et al., 2000). Bei der Analyse der Mobilität ist es wichtig, zwischen Mobilitätskapazität und Mobilitätsleistung zu unterscheiden. Mobilitätskapazität ist das höchstmögliche Level an Mobilität, das eine Person zu einem bestimmten Messzeitpunkt leisten kann und wird normalerweise im Labor bestimmt. Mobilitätsleistung dagegen beschreibt, was eine Person in ihrer gegenwärtigen Umwelt im Alltag tatsächlich tut. Bisherige Studien bestimmten die Mobilitätsleistung oftmals anhand von körperlicher Aktivität. Für eine ganzheitliche Darstellung der Mobilität im realen Leben eignet sich aber eine Kombination der Messung körperlicher Aktivität mit einer Messung der Lebensraum-Mobilität. Lebensraum-Mobilität beschreibt dabei die physikalische sowie die soziale Umwelt, die eine Person im alltäglichen Leben besucht (Taylor et al., 2018). Studien konnten zeigen, dass sich die Mobilität im realen Leben bzw. die Mobilitätsleistung durch Labormessungen der Mobilitätskapazität nicht vorhersagen lässt, dank neuerer Technologien wie GPS und Accelerometer ist sie aber objektiv messbar (Giannouli et al., 2016).

Um Interventionen zu entwickeln, die einem Mobilitätsverlust und den oben genannten Folgen entgegenwirken, ist es wichtig, Einflussfaktoren auf die Mobilität zu untersuchen. Kaufmann, Bergman und Joe (2004) entwickelten dafür das Motilitätskonzept. Motilität wird dabei definiert als die Kapazität, in einem sozialen und geographischen Raum mobil zu sein und beinhaltet dementsprechend alle Faktoren, die das Potenzial einer Person mobil zu sein bestimmen. Diese lassen sich folgenden drei Kategorien zuordnen (Kaufmann et al., 2004):

1. *Zugang*: verfügbare Transport- und Kommunikationsmittel, Zugriffsmöglichkeiten auf Dienstleistungen und Hausbedarf.
2. *Fähigkeiten/Fertigkeiten*: physische und kognitive Fähigkeiten (z.B. Gehfähigkeit, räumliche Orientierung, Navigationsfähigkeit etc.) sowie notwendige Kompetenzen (z.B. der Besitz eines Führerscheins, englische Sprachkenntnisse für internationale Reisen etc.), die als Voraussetzung für Mobilität gelten.
3. *Aneignung/Verwendung*: bezieht sich auf das, was Personen aus den Zugangsmöglichkeiten und Kompetenzen machen und wird bestimmt von Bedürfnissen, Plänen, Bestreben, Strategien, Motiven, Werten und Gewohnheiten einer Person.

Theoretischer Hintergrund

Viele Studien untersuchten bereits einzelne Zusammenhänge zwischen Parametern der Mobilitätsleistung und verschiedenen möglichen Einflussfaktoren. Sie zeigen, dass bezogen auf die Kategorie *Zugang* die Umgebungswahrnehmung, das Sicherheitsgefühl, die Attraktivität der Nachbarschaft, der Verkehr und die Vielfalt vorhandener Einrichtungen eng mit der Lebensraum-Mobilität älterer Menschen verknüpft sind (Rantakokko et al., 2015; Rosso et al., 2013; Hirsch et al., 2014). Für die unter *Fähigkeiten/Fertigkeiten* aufgeführten körperlichen Voraussetzungen wie Beinkraft, Griffkraft und Gang konnten positive Korrelationen mit verschiedenen GPS-Parametern (Blamoutier et al., 2017; Tung et al., 2013) und mit der körperlichen Aktivität (Rapp et al., 2011; Morie et al., 2010) Älterer aufgezeigt werden. Studien kamen zu konträren Ergebnissen bezüglich eines Zusammenhangs der Mobilität im realen Leben und der Kognition (Crowe et al., 2008; Béland et al., 2018; Zhu et al., 2017; Giannouli et al., 2018), was allerdings auch auf die unterschiedlichen untersuchten kognitiven Parameter zurückzuführen ist. Der Einfluss einiger, unter *Aneignung* zusammengefasster psychologischer Faktoren auf die Lebensraum-Mobilität, wie z.B. Motivation und Selbstwirksamkeit (Tanaka & Yamagami, 2018; Auais et al., 2017), und auf die körperliche Aktivität (Jefferis, 2014) konnte ebenfalls bereits gezeigt werden.

Viele Faktoren beeinflussen die Mobilität. Äußere Faktoren sind zum Beispiel verfügbare Transport- und Kommunikationsmittel. Hinzu kommen Fertigkeiten, wie der Besitz eines Führerscheins oder die Gehfähigkeit. Entscheidend ist zudem, was Personen aus den Zugangsmöglichkeiten und Kompetenzen machen, was wiederum durch innere Faktoren, wie Bedürfnisse und Motive, beeinflusst wird.

Forschungslücke und Zielsetzung

Insgesamt wird aufgrund der oben beschriebenen Studienlage deutlich, dass viele Faktoren die Mobilität älterer Menschen im realen Leben beeinflussen. Viele Studien verwendeten im Rahmen der Analyse von Mobilitätseinflussfaktoren andere Konzepte als das von Webber et al. (2010) oder Franke et al. (2017). Doch besonders durch die Kategorie *Zugang*, die den Einfluss von umweltbezogenen Parametern hervorhebt, unterscheidet sich das Motilitätskonzept von den anderen Konzepten. Bei der Mobilitätsanalyse betrachteten andere Studien körperliche Aktivität und Lebensraum-Mobilität außerdem meist nicht zusammen und benutzten für die Erfassung der Mobilitätsleistung subjektive Messverfahren (wie z.B. das Life-Space Assessment oder sogar nur einzelne Fragen hinsichtlich Frequenz oder Schwierigkeiten des nach draußen Gehens (Harada et al., 2016, Murata et al., 2006) zur Messung der Lebensraum-Mobilität und den International Physical Activity Questionnaire für die Erfassung der körperlichen Aktivität). Es gibt bis jetzt nur wenige Studien, die objektive/sensor-basierte (Inertialsensoren und GPS) Messmethoden anwenden. Weiterhin wurden potenzielle Einflussfaktoren auf die Mobilität bisher meist anhand gesunder Älterer oder bei Älteren mit demenziellen Erkrankungen (Lam et al., 2013; Tung et al., 2013) oder mit anderen kognitiven Einschränkungen (Wettstein et al., 2012) untersucht.

Bei Gebrechlichkeit handelt es sich dagegen nicht um eine Krankheit, sondern um ein multidimensionales, geriatrisches Syndrom. Es beschreibt einen Übergangstatus, welcher hin zu einer erhöhten Anfälligkeit für diverse Krankheiten und zu einer verminderten Widerstandsfähigkeit führt (Wou & Conroy, 2013). Somit sind viele gebrechliche Menschen multimorbide und haben daher ein deutlich erhöhtes Risiko, immobil zu werden. Daher ist gerade für sie das Thema Mobilität von großer Bedeutung.

Aus diesem Grund war Ziel dieses Projekts, den Zusammenhang der drei Motilitätskategorien und der Mobilität im realen Leben älterer gebrechlicher Menschen zu untersuchen.

Methode

Bei der Studie handelt es sich um eine Querschnittsstudie, die als Teil einer Reihe von Mobilitätsstudien an der Deutschen Sporthochschule Köln im Zeitraum von Mai bis August 2019 durchgeführt wurde. Alle Studienteilnehmer*innen nahmen zu Beginn an einer Labormessung teil, bei der physische, kognitive, soziale, psychische und umweltbezogene Faktoren erfasst wurden. Die physischen und kognitiven Parameter wurden mittels klinischer bzw. computergestützter Tests erfasst, die anderen Faktoren mithilfe von Fragebögen. Die Messung der Mobilitätsleistung erfolgte über einen Zeitraum von einer Woche im häuslichen Umfeld/Alltag der Studienteilnehmer*innen. Die Studie wurde durch die Ethikkommission der Deutschen Sporthochschule Köln genehmigt, womit bestätigt wurde, dass sie sich an die Prinzipien der Erklärung von Helsinki hält.

Studienteilnehmer*innen

Die Rekrutierung der Studienteilnehmer*innen erfolgte über Seniorensportvereine und -netzwerke, Seniorenpflegeheime, Aushänge und Flyer an öffentlichen Plätzen (z.B. Supermärkte, Apotheken und Arzt- und Physiotherapiepraxen) sowie Zeitungsannoncen (Kölner Wochenspiegel). Außerdem wurden Präsentationen in Einrichtungen für betreutes Wohnen durchgeführt, da Menschen mit Gebrechlichkeit meist Schwierigkeiten haben, ihren Alltag zu bewältigen und deshalb oft in entsprechenden Einrichtungen wohnen.

Einschlusskriterien waren: (1) Mindestalter 60 Jahre, (2) sich im Ruhestand befinden, (3) Vorhandensein von mindestens der Vorstufe von Gebrechlichkeit, was in diesem Projekt als das Zutreffen von mindestens einem der fünf „Frailty-Kriterien“ nach Morley, Malmstrom und Miller

(2012) definiert wurde: Fatigue, Kraftverlust, eingeschränkte Gehfähigkeit, Erkrankungen und ein ungewollter Gewichtsverlust innerhalb des letzten Jahres, (4) noch vorhandene Mobilität (eigenständig oder unter Benutzung von Hilfsmitteln) und (5) gute Deutschkenntnisse. Ausschlusskriterien waren akute Erkrankungen oder Verletzungen, die die Mobilität beeinträchtigen, ungewöhnliche Aktivitäten wie Urlaube im Testzeitraum sowie demenzielle Erkrankungen.

Messung der Motilitätskategorien

Tabelle 1 enthält eine Auflistung aller Fragebögen und Tests, welche für die Erfassung der Motilitätskategorien verwendet wurden.

Schließlich wurden im gesamten Testzeitraum ortsbezogene Wetterdaten notiert und Durchschnittswerte für die jeweiligen Testwochen aller Studienteilnehmer*innen errechnet, um eventuelle Einflüsse des Wetters kontrollieren zu können.

Messung der Mobilitätsleistung

Objektive Messverfahren: Die objektive Messung der Mobilität im realen Leben erfolgte mit zwei Apps, welche auf Smartphones (Samsung Galaxy SIII) installiert waren, die die Studienteilnehmer*innen über einen Zeitraum von einer Woche tagsüber an einem elastischen Gürtel trugen. Dieser wurde so umgebunden, dass sich die Smartphones mittig auf dem Rücken auf Höhe des 5. Lendenwirbels (L5) befanden. Für die korrekte Benutzung erhielten die Studienteilnehmer *innen eine Bedienungsanleitung.

Die App „GPS Logger“ (öffentlich verfügbar im Google Play Store) sammelte die GPS Daten der Studienteilnehmer*innen mit einer Samplingfrequenz von 1Hz. Daraus wurden folgende Parameter errechnet: (1) Life-Space (km²): Die Fläche, in der sich die Studienteilnehmer*innen jeden Tag bewegten; (2) Maximaler Bewegungsradius (km): Es wurde eine Gerade zwischen dem Zuhause der Studienteilnehmer*innen und dem jeweils am weitesten entfernten Punkt, den sie innerhalb des Messzeitraumes besucht haben, gelegt; (3) Gesamtstrecke und (4) Zeit außerhalb des Zuhauses (Abb. 2).

Mithilfe der App „uFall“ (Mellone et al., 2012) wurden die vom Smartphone erfassten Accelerometer- und Gyroskopdaten aufgezeichnet und so mobilitätsbezogene Aktivitäten bestimmt, z.B. Körperhaltungen und Aktivitäten wie aktive Zeit, Gehzeit und Schrittzahl pro Tag.

Subjektive Messverfahren:

Neben den objektiven Verfahren wurden auch Fragebögen für die Erfassung der Mobilitätsleistung verwendet: Der Physical Activity Questionnaire 50+ (PAQ50+) zur Erfassung der körperlichen Aktivität und das Life-Space Assessment (LSA) zur Erfassung der Lebensraum-Mobilität. Die Auswertungen der Smartphone-Daten ist noch nicht abgeschlossen, sodass in diesem Artikel nur die Ergebnisse der subjektiven Messverfahren zur Messung der Mobilitätsleistung vorgestellt werden.

Statistische Analyse

Um erste Anhaltspunkte zu finden, wurden Korrelationsanalysen durchgeführt. Es wurden der Pearson'sche Korrelationskoeffizient bei normalverteilten bzw. der Spearman'sche Korrelationskoeffizient bei nicht normalverteilte Variablen für eine Korrelationsanalyse zwischen den Variablen der verschiedenen Motilitätskategorien und den Mobilitätsvariablen verwendet.

Ergebnisse

Insgesamt zeigten 55 Personen Interesse an der Studie. Ein Telefoninterview, welches sich an den Frailty-Kriterien orientierte, führte zu einem direkten Ausschluss von 19 Personen. Zwei weitere stiegen aus persönlichen Gründen frühzeitig wieder aus, sodass die Messungen letztendlich mit 34 Studienteilnehmer*innen durchgeführt wurden (Abb. 3 Rekrutierung der Studienteilnehmer und Studienverlauf).

Die 30 in die Auswertung eingeschlossenen Studienteilnehmer*innen (20 weiblich, 10 männlich) waren durchschnittlich 79 ± 8 Jahre alt und wiesen einen BMI von $25,6 \pm 4,8$ kg/m² auf. Sie gaben an,

an $5,6 \pm 3,2$ chronischen Erkrankungen zu leiden. Neun kamen aus betreuten Wohneinrichtungen und 25 befanden sich laut der FRAIL Scale in einer Vorstufe von Gebrechlichkeit, während die anderen fünf als gebrechlich einzustufen sind. Innerhalb des letzten Jahres sind 13 Studienteilnehmer*innen mindestens einmal gestürzt und 17 haben Angst vor Stürzen. Die Hälfte ($n=15$) der Studienteilnehmer*innen gab an, regelmäßig Sport zu treiben. In Tabelle 2 sind alle signifikanten Korrelationen zwischen den Kriterien (PAQ50+, LSA) und den Prädiktoren aufgeführt.

Zu sehen ist, dass mit der Lebensraum-Mobilität alle drei getesteten körperlichen Parameter signifikant korrelieren, während nur die Handgriffkraft und die funktionelle Mobilität Korrelationen mit der körperlichen Aktivität zeigen. Auch ansonsten weist der LSA mit zusätzlich einer umweltbedingten, zwei kognitiven, fünf psychologischen sowie drei sozialen Variablen mehr signifikante Korrelationen auf als der PAQ50+ mit einer umweltbedingten, einer kognitiven und zwei psychologischen Variablen.

Diskussion

Die oben beschriebenen, vorläufigen Ergebnisse deuten auf einen Zusammenhang aller drei Mobilitätskategorien mit der Mobilität im realen Leben hin.

Betrachtet man die Ergebnisse der Kategorie *Zugang* zeigt sich, ähnlich wie bei anderen Studien (Rantakokko et al., 2015), ein Effekt der Verkehrssicherheit auf die körperliche Aktivität und ein Zusammenhang der Zufriedenheit mit der Wohnumgebung und der Lebensraum-Mobilität. Im Gegensatz zu Rosso et al. (2013) konnte allerdings keine Verbindung der Mobilität mit der Erreichbarkeit und Vielfalt vorhandener Einrichtungen oder Dienstleistungen entdeckt werden. Eine mögliche Erklärung ist, dass die meisten Studienteilnehmer*innen in vergleichbaren Gegenden leben und daher keine großen Unterschiede bezüglich dieser Faktoren aufweisen. Außerdem waren einige der Studienteilnehmer*innen wohnhaft in betreuten Pflegeeinrichtungen, sodass für sie die Erreichbarkeit von Dienstleistungen ohnehin keine besonders große Rolle spielt.

Bezüglich des Zusammenhangs der Kategorie *Fähigkeiten/Fertigkeiten* und der körperlichen Aktivität wird deutlich, dass die körperlichen und kognitiven Fähigkeiten größtenteils mit dieser korrelieren. Das entspricht den Ergebnissen bisheriger Studien (Rapp et al., 2012). Alle hier durchgeführten körperlichen und kognitiven Tests korrelieren auch mit der Lebensraum-Mobilität der Studienteilnehmer*innen – die Ergebnisse des HOTAP Tests sogar nur mit dieser. Der HOTAP Test gehört ebenso wie der TMT zu den Assessments der Exekutivfunktionen, die laut anderer Studien wichtig sind für ein erfolgreiches Navigieren außerhalb bekannter Lebensbereiche, da sie u.a. Planungs- und Organisationsfähigkeit und das Treffen von Entscheidung beinhalten (Sartori et al., 2012). Das bestätigen auch Poranen-Clark et al. (2017), welche den TMT für die Testung eines Zusammenhangs der Exekutivfunktionen und der Lebensraum-Mobilität Älterer nutzten. Grundsätzlich zeichnen Studien, die sich mit einer solchen Beziehung beschäftigen, trotz Nutzung unterschiedlicher Assessments ein einheitlich positives Bild (Sartori et al., 2012; Wahl et al., 2013; Giannouli et al., 2018), während Untersuchungen anderer kognitiver Parameter zu konträren Ergebnissen kommen. Die untersuchten Kompetenzen hinsichtlich neuerer Technologien haben dagegen keinen Einfluss auf die Mobilität im realen Leben, was zeigt, dass sich die Studienteilnehmer*innen bei der Organisation ihres sozialen Lebens und bei der Navigation vermutlich auf andere Hilfsmittel, wie z.B. Zeitungen oder Karten, verlassen.

Die unter *Aneignung* zusammengefassten psychosozialen Faktoren zeigen einen großen und umfassenden Zusammenhang mit der Lebensraum-Mobilität. Auch Umstätt et al. (2013) betonen die Verbindung von Depression und sozialer Interaktion mit der Mobilität Älterer. Der soziale Kontext stellt dabei einen Stimulus und eine Art Unterstützung für ihre Mobilität dar – gerade hinsichtlich der Frequenz der Outdoor-Mobilität (Mollenkopf et al., 2004). Auch der Einfluss der sturzassoziierten Selbstwirksamkeit auf die Lebensraum-Mobilität wird von Studien bestätigt (Auais et al., 2017).

Im Gegensatz zur Lebensraum-Mobilität hatten interessanterweise Faktoren wie Sturzangst in diesem Projekt keinen Zusammenhang mit der körperlichen Aktivität – ebenso wenig wie die meisten

anderen psychosozialen Faktoren. Das widerspricht Studien wie Jefferis et al. (2014) und Harris et al. (2008), was aber möglicherweise auch daran liegt, dass die Erhebung der körperlichen Aktivität bei diesen Studien auf objektiven Messungen mit Accelerometern basiert.

Ein möglicher Grund für den größeren Zusammenhang der Kategorie Aneignung mit der Lebensraum-Mobilität als mit der körperlichen Aktivität ist, dass Outdoor-Aktivitäten auf psychischer und emotionaler Ebene deutlich fordernder sind, als drinnen stattfindende Aktivitäten.

Limitationen

Insgesamt müssen die oben genannten Ergebnisse mit Vorsicht betrachtet werden, da es in der Stichprobe deutlich mehr Frauen als Männer gibt. Studien zeigten zwar nur einen geringen Einfluss des Geschlechts auf die Mobilität (Wettstein et al., 2014) oder sogar gar keinen (Umstatt et al., 2013), aber eine ausgeglichene Geschlechterverteilung würde die Interpretation der Ergebnisse verdeutlichen.

Eine weitere, zu berücksichtigende Limitation war die geringe Anzahl an Studienteilnehmern*innen, die in Kombination mit der Vielzahl an Messinstrumenten die signifikanten Korrelationen eventuell überhöht hat. Die Korrelationskoeffizienten wurden nicht (wegen des mehrmaligen Prüfens) korrigiert und somit könnte es sein, dass es falsch positive Ergebnisse gibt. Gebrechliche Ältere waren schwer zu rekrutieren, weshalb auch Ältere eingeschlossen wurden, die sich in einer Vorstufe von Gebrechlichkeit befanden und es kam letztlich zu einem Missverhältnis der beiden Gruppen. Insgesamt bestand die Schwierigkeit darin, dass gebrechliche Ältere meist nicht in der Lage oder nicht gewillt waren, an einem so großen Projekt teilzunehmen. Das wird auch durch die Ausstiegsgründe jener Studienteilnehmer*innen deutlich, die das Projekt vorzeitig abbrachen. Sie nannten vor allem Schwierigkeiten im Umgang mit dem Smartphone und die hohe Anzahl an Fragebögen. Daher wäre es in Zukunft sinnvoll, einfachere Technologien zu verwenden.

Der Faktor „Zugang“ scheint weniger Einfluss auf die Mobilität älterer gebrechlicher Menschen zu haben, als beispielsweise physische und psychische Kompetenzen. Faktoren wie Sturzangst hatten in diesem Projekt interessanterweise keinen Zusammenhang mit der körperlichen Aktivität.

Fazit

Zusammenfassend wird deutlich, dass das Motilitätskonzept in seiner Komplexität geeignet ist, um Mobilität zu beschreiben, da viele, sehr verschiedene Faktoren eine Rolle spielen. Zwar konnte hier nur ein geringer Zusammenhang mit der Kategorie *Zugang* gezeigt werden, dafür scheint der Zusammenhang mit körperlichen und kognitiven *Fähigkeiten/Fertigkeiten* aber entscheidend zu sein, was auch zu erwarten war, da sie Voraussetzungen für Mobilität darstellen. Die Kategorie *Aneignung* ist komplex und steht in einer noch größeren Verbindung mit der Mobilität als angenommen – vor allem mit der Lebensraum-Mobilität. Die Prüfung der genauen Zusammenhänge steht noch aus, doch die Ergebnisse sind bereits richtungsweisend.

Text: Julia Seinsche, Simon Niemeyer & Eleftheria Giannouli

- » Dr. Eleftheria Giannouli, geboren 1986 in Thessaloniki, Griechenland, studierte auf Diplom von 2004 bis 2008 Sportwissenschaften an der Aristoteles Universität Thessaloniki und danach den Master „Bewegungs- und Sportgerontologie“ von 2009 bis 2012 an der Deutschen Sporthochschule Köln. Ihre Dissertation mit dem Thema „Mobility in old age: Capacity and Performance“ hat sie 2019 abgeschlossen. Seit 2013 arbeitet Eleftheria Giannouli als wissenschaftliche Mitarbeiterin im Institut für Bewegungs- und Sportgerontologie und ist Fachexpertin für Risikobewertung und Interventionen im Bereich Motorik im EU-Horizon2020-Projekt „myAHA: my Active & Healthy Ageing“. Kontakt der Email: e.giannouli@dshs-koeln.de
- » Julia Seinsche, geboren 1992 in Oldenburg, studierte von 2011 bis 2015 Physiotherapie an der Hochschule Fresenius in Köln mit dem Wahlbereich Sportphysiotherapie. 2017 begann sie ihr Master-Studium „Bewegungs- und Sportgerontologie“ an der Deutschen

Sporthochschule Köln und schreibt ihre Masterarbeit zum Thema „Zusammenhang von Motilität und Mobilität älterer gebrechlicher Menschen“.

- » Simon Niemeyer, geboren 1994 in Cloppenburg, absolvierte 2017 den Bachelor-Studiengang „Sport und Gesundheit in Prävention und Therapie“. Zwei Jahre später schloss er den Master of Science „Sport- und Bewegungsgerontologie“ erfolgreich ab.

Literatur bei den Autor*innen.

ICAROS: Fliegendes Trainingsgerät

Auswirkungen von Ganzkörper-Exergaming in der virtuellen Realität auf kardiovaskuläre und muskuläre Parameter

Es gibt immer mehr Hinweise darauf, dass ein hohes Maß an sitzendem Verhalten die menschliche Gesundheit beeinträchtigen kann (Dunstan, Howard, Healy, Owen, 2012; Grøntved, Hu, 2011; Katzmarzyk, Church, Craig, Bouchard, 2009; van Uffelen, Wong, Chau, van der Ploeg, Riphagen, Gilson et al., 2010; Thorp, Owen, Neuhaus, Dunstan, 2011). Trotz der Vorteile, die der Zugang zu Informationen und eine schnelle Kommunikation mit sich bringen, ist das stundenlange Sitzen vor Bildschirmen mit gesundheitlichen und psychologischen Problemen bei Erwachsenen, aber auch bei Kindern und Jugendlichen verbunden (Lissak, 2018). Die Bildschirmzeit und die Gesamtsitzzeit waren die am häufigsten untersuchten Expositionsvariablen in der bisherigen Forschung (Wilmot, Edwardson, Achana, Davies, Gorely, Gray et al., 2012). In jüngster Zeit hat sich dieses Interessengebiet erweitert, um die Auswirkungen der Computer- und Videospieldzeit auf die Gesundheit zu untersuchen (Biddle, 2017).

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat das Auftreten negativer Symptome aufgrund übermäßiger digitaler Spiele als Störung identifiziert. Es wurde berichtet, dass die körperliche Inaktivität vor dem Bildschirm das Risiko von Fettleibigkeit, hochdichter Lipoprotein-Dysfunktion und Bluthochdruck erhöht, die auch wichtige Risikofaktoren für kardiovaskuläre Morbidität sind (Merghani, Malhotra, Sharma, 2016; Goldfield, Kenny, Hadjiyannakis, Phillips, Alberga, Saunders et al., 2011; Martinez-Gomez, Rey-López, Chillón, Gómez-Martínez, Vicente-Rodríguez, Martín-Matillas, AVENA Study Group, 2010). Zusätzlich haben z.B. jugendliche Jungen, die viel Zeit mit Videospiele verbringen, eine geringere Knochenmineraldichte als der Durchschnitt (Winther, Ahmed, Furberg, Grimnes, Jorde, Nilsen et al., 2015; Shao, Xu, Zhang, Zheng, Chen, Huang et al. 2015). Sitzende Verhaltensweisen vor Bildschirmen tragen in erster Linie dazu bei, die körperliche Aktivität von Jugendlichen zu verringern (Roberts, Rodkey, Ray, Knight, Saelens, 2017; Lieberman, Chamberlin, Medina, Franklin, Sanner, Vafiadis, 2011; Kohorst, Warad, Nageswara, Rodriguez, 2018). Die Förderung von Exergaming scheint ein vielversprechender Weg zu sein, um diesem Trend und seinen negativen Auswirkungen entgegenzuwirken.

Exergaming

Das Schachtelwort Exergaming lässt Exercise und (Video) Gaming verschmelzen (Oh, Yang, 2010). Der Begriff Exergame hat viele Definitionen, die die unterschiedlichen Ansätze widerspiegeln, die von verschiedenen Forschungsgemeinschaften in den letzten zwanzig Jahren verfolgt wurden. Gesundheitsforscher haben bei der Beschreibung der Förderung von körperlicher Aktivität oder Interaktivität beim Videospielen mehrere ähnliche Begriffe eingeführt: physical gaming, exertainment, active video games und active video training (ebd.). Bogost (2010) beschreibt Exergaming als „die Kombination von Training und Videospielen“. Der Begriff video gaming wird definiert als „der Prozess des Spielens in jedem digitalen Gerät“ (ebd.). Der Begriff Training erlaubt eine Vielzahl von Interpretationen.

Training kann sich auf den Prozess beziehen, in einer Reihe von Handlungen besser zu werden, ohne notwendigerweise den Grad der Körperbewegung anzugeben (Caspersen, Powell, Christenson, 1985). In diesem Zusammenhang kann sich Exergaming auf den Prozess der Trainingsreaktionszeiten in einem ausschließlich sitzenden Umfeld beziehen, sofern er geplant und strukturiert ist. Professionelle Spieler von Multiplayer-Online-Kampfarena-Spielen optimieren und trainieren ihre Augen-Hand-Koordinationsfähigkeiten.

Training kann auch körperliche Aktivität mit Körperbewegungen beschreiben, die keine physiologischen Anpassungsmechanismen fördern oder ein bestimmtes Qualifikationsniveau erhöhen (ebd.). Zum Beispiel fördert Pokémon Go die Körperbewegung, indem es die Benutzer dazu bewegt, ihren physischen Standort zu wechseln. Positive gesundheitliche Verhaltensweisen wie ein

höheres Maß an körperlicher Aktivität, mehr Sozialisation und bessere Stimmung wurden mit Pokémon Go (Marquet, Alberico, Adlakha, Hipp, 2017) in Verbindung gebracht.

Es kann daher irreführend sein, den Begriff Training austauschbar mit körperlicher Aktivität oder sogar körperlicher Fitness zu verwenden, wenn es um Exergaming-Systeme geht. Die von Oh und Yang (2010) vorgeschlagene Definition beschreibt Exergaming als „das Spielen von Exergames oder anderen Videospielen, die körperliche Anstrengung oder Bewegungen erfordern, die über sitzende Aktivitäten hinausgehen und auch Kraft-, Gleichgewichts- und Flexibilitätsaktivitäten beinhalten“. Immersive Virtual Reality (VR)-basierte Exergaming-Systeme wie VR-Boxing und Fastest Fist versuchen, die Lücke zwischen einfachen Körperbewegungen und den geplanten, strukturierten und repetitiven Elementen einer Trainingseinheit zu schließen.

Zur körperlichen Aktivität gehört eine effektive Stimulation des Muskelanpassungsmechanismus. Die WHO empfiehlt, dass Erwachsene im Alter zwischen 18 und 64 Jahren mindestens 150 Minuten aerobe körperliche Aktivität mittlerer Intensität während der Woche, mindestens 75 Minuten aerobe körperliche Aktivität hoher Intensität während der Woche oder eine gleichwertige Kombination von Aktivität mittlerer und starker Intensität durchführen sollten. Für größere Muskelgruppen sollten zusätzlich an zwei oder mehr Tagen pro Woche muskelstärkende Aktivitäten durchgeführt werden (Global Recommendations on Physical Activity for Health, 2010). Unterschiedliche Muskelkontraktionstypen können zu unterschiedlichen Gewinnen an Muskelkraft und -leistung führen (Kanehisa, Miyashita, 1983). Die häufigsten Kontraktionsarten im Alltag sind statische isometrische Kontraktionen (Halten eines Objekts gegen die Schwerkraft) sowie exzentrische und konzentrische Kontraktionen, die in Kombination eine dynamische Bewegung erzeugen (z.B. Heben und Senken eines Objekts). Die technischen Fähigkeiten von VRbasierten Bewegungserfassungssystemen können Benutzer dazu motivieren eine isometrische Kontraktion durchzuführen. Der Unterarmstütz (Plank) ist z.B. eine Übung, die die Rumpfmuskulatur trainiert.

Unterarmstütz (Plank)

Im Jahr 2009 rangierten die Schmerzen im unteren Rückenbereich an dritter Stelle der häufigsten Syndrome und Erkrankungen (Robert Koch-Institut, 2015). Core-Krafttraining ist der effektivste Weg, um die Symptome chronischer Kreuzschmerzen zu lindern (Chang, Lin, Lai, 2015). Bei der als Plank bezeichneten Übung wird der Körper vollständig gestreckt, wobei sein Gewicht vollständig von den Zehenspitzen und den Unterarmen getragen wird. Dabei werden vor allem die Rumpfmuskeln (Musculus erector spinae und m. rectus abdominis) zusammen mit der Schultermuskulatur aktiviert. Es wurden verschiedene Varianten dieser Kräftigungsübung mit und ohne den Einsatz von externen Geräten eingeführt (Snarr, Esco, 2014; Kim, Kang, Kim, Jung, Seo, Oh, 2016; Schoenfeld, Contreras, Tiryaki-Sonmez, Willardson, Fontana, 2014).

Studienziele

Nach unserem Kenntnisstand ist dies die erste qualitative Studie, die das muskuläre Trainingspotenzial eines immersiven VR-basierten Ganzkörper-Exergaming-Systems untersucht. Die Studie analysierte auch die Auswirkungen von Exergaming auf das Herz-Kreislauf-System und sein Potenzial für ein effektives Ausdauertraining. Das Verständnis der Auswirkungen auf die von den Teilnehmern wahrgenommene Cybersickness (VRKrankheit, Bewegungskrankheit), die kognitive Belastung und die Freude an körperlicher Aktivität könnte einen Einblick in das Potenzial und den Nutzen ähnlicher Ansätze geben.

Methode

Teilnehmer

33 Teilnehmer (Durchschnittsalter 23,90 Jahre[SD 4,58]) wurden über Social Media Plattformen, E-Mails und Flyer rekrutiert. Das Studienprotokoll wurde von der Ethikkommission der Deutschen Sporthochschule Köln genehmigt. Die meisten Teilnehmer waren Studenten der Deutschen Sporthochschule Köln. Die Datenerhebung erfolgte zwischen Juni und August 2017. Die

Anforderungen der Teilnehmer wurden definiert, um sicherzustellen, dass Faktoren wie Geschlecht, Alter und körperliche Verfassung die Daten nicht verfälschen:

- » Männliche Teilnehmer unter 30 Jahren: Aufgrund hormoneller Veränderungen sind Frauen in der Regel anfälliger für Cybersickness als Männer (Golding, 2006).
- » Athletischer Körper: Der Body-Mass-Index korreliert mit dem Körperfettanteil, was die Signalqualität der Oberflächen-Elektromyographie (SEMG) beeinflussen kann. Um ein gültiges SEMG-Signal zu erhalten, mussten die Teilnehmer einen BMI von $<25 \text{ kg/m}^2$ haben, was auf einen niedrigen Körperfettanteil hinweist.
- » Körpergröße zwischen 170 und 190 cm: Die Icaros-Vorrichtung (Abb. 1) ermöglicht die Konfiguration des Abstands zwischen Fußhalter und Armlehne. Dieser Abstand beeinflusst die Muskelaktivierung im Bauch- und Rückenbereich. Daher wurde eine standardisierte Konfiguration des Winkels Oberkörper zu Arm und Oberkörper zu Unterkörper gewählt. Darüber hinaus musste der Schwerpunkt des Körpers mit dem Nullpunkt des Gerätes übereinstimmen. Basierend auf diesen Anforderungen ermöglichten die Eigenschaften des Gerätes eine standardisierte Konfiguration für Körpergrößen zwischen 170 und 190 cm.

Erfassungsinstrumente

Das Versuchsprotokoll sah vor, dass eine Vielzahl verschiedener Systeme gleichzeitig verwendet und für die Datenanalyse synchronisiert werden mussten.

Icaros-System

Icaros (Icaros GmbH) – Fitnessgerät und Flugsimulator – besteht aus einem Gerät und einem angeschlossenen Beschleunigungssensor. Der Sensor verbindet sich via Bluetooth mit einem Smartphone und liefert Winkelgeschwindigkeitsdaten. Körperlagenänderungen an der Sagittal- und Längsachse des Gerätes sind unabhängig von den visuellen Reizen und ermöglichen ein tieferes Eintauchen in die VR-Welt durch eine Kombination von visuellen, akustischen und propriozeptionellen Sensoren. Das Gerät kann um den Drehpunkt mit einem Bewegungsbereich zwischen -35° und 35° für die Drehung und -45° bis 45° für die Neigung auf der vertikalen bzw. sagittalen Achse geneigt werden.

VR-Brille

Das VR-System verwendete das Gear VR-Headset SM-R322 (Samsung Electronics) und das Gamepad zur Einstellung der Optionen im Spiel. Die Icaros-Software wurde auf einem Galaxy S6 (Samsung Electronics) Smartphone mit Android 6.0.1 installiert. Der integrierte Smartphone-Beschleunigungssensor und der Gyroskop in Verbindung mit dem am Kopf montierten Display ermöglichten es dem Benutzer, mit den visuellen Reizen in der virtuellen Realität zu interagieren und gleichzeitig seine Körperposition auf dem Icaros zu halten.

Herzfrequenz

Die Herzfrequenzen der Teilnehmer wurden kontinuierlich mit dem RS800 Pulsmesser (Polar Electro) gemessen.

Muskelaktivität

Die Muskelaktivität wurde basierend auf SEMG mit dem TeleMyo 2400T G2 (Noraxon USA) gemessen.

Fragebögen

Die Studie verwendete Fragebögen zur Messung soziodemographischer und anthropometrischer Daten. Der Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) wurde verwendet, um die wahrgenommene Cybersickness/VR-Krankheit während der Flüge zu beurteilen. Der Spaß an den virtuellen Flügen wurde mit der Physical Activity Enjoyment Scale (PACES) gemessen. Die BorgSkala (Borg, 1982) wurde verwendet, um die Rate der wahrgenommenen Anstrengung (RPE) zu messen. Diese Skala hat eine hohe Validität für Ausdauertraining und körperliche Aktivität (Ceci, Hassmén, 1991; Russell, Weeks, 2017). Die wahrgenommenen mentalen, physischen und emotionalen Anforderungen an die Teilnehmer während der VR-Erfahrung wurden mit Hilfe des NASA Task Load Index (NASA-TLX)

Fragebogens (Hart, 2006) bewertet. Fünf der sechs Dimensionen (Frustration, Anstrengung, geistige Forderung, körperliche Forderung und zeitliche Forderung) reichten von 0 (niedrig) bis 100 (hoch). Die Leistungsdimension lag zwischen 0 (gut) und 100 (schlecht).

Versuchsprotokoll

Alle Teilnehmer wurden über das Ziel der Studie informiert und erhielten eine schriftliche Beschreibung des Verfahrens. Die Teilnehmer füllten Fragebögen aus, die soziodemografische und anthropometrische Daten abfragten. Das Herzfrequenzmessgerät wurde dann konfiguriert und die Teilnehmer führten die Tiefatmungstechnik (Agelink, Malessa, Baumann, Majewski, Akila, Zeit et al., 2001) zur Messung ihrer Ruheherzfrequenz im Sitzen durch.

Für jeden Test wurde die Größe des Teilnehmers gemessen und der Abstand zwischen Icaros-Arm und Fußhalterung so konfiguriert, dass der Körperschwerpunkt mit dem Nullgradpunkt der Neigungsachse übereinstimmt. Der Kniewinkel und der Winkel von Rumpf zu Arm wurden auf 135° bzw. 90° konfiguriert (Abb. 1A und D).

An dieser Stelle verdeutlichen vier Bilder einen Teilnehmer mit dem neuen Trainingsgerät und dessen Bestandteile: (A) Winkelmesser = Goniometer, (B) Icaros-Gerät, (C) Teilnehmer, der mit dem Gerät vertraut ist, (D) Winkelmessung am Kniegelenk.

In einem fünfminütigen Probeflug wurden die Teilnehmer mit den VR-Aufgaben im Spiel vertraut gemacht. Anschließend wurden acht Elektroden an den empfohlenen Sensorpositionen für die m. erector spinae (Halsextensoren), m. deltoideus pars clavicularis, m. rectus abdominus und m. erector spinae (Lendenwirbelbereich) gemäß den Richtlinien des Surface EMG for Noninvasive Assessment of Muscles (Recommendations for surface electromyography, 2019) positioniert (Abb. 2 Positionierung von Elektromyographie-Elektroden). Die Teilnehmer wurden dann gebeten, eine maximale willkürliche isometrische Kontraktion (MVIC) für jeden Muskel durchzuführen (Konrad, 2011). Die Teilnehmer absolvierten zwei aufeinanderfolgende Flüge zu je etwa fünf Minuten mit einer Pause von 15 Minuten. Ziel des Spiels war es, dass virtuelle Fluggerät in einer First-Person-Ansicht durch alle 63 Ringe zu navigieren. Spezielle Software ermöglichte es den Forschern, das Sichtfeld der Teilnehmer zu sehen (Abb. 3 Screenshot des Sichtfelds der Teilnehmer im Spiel). Die Geschwindigkeit des Fluges und die Horizontdarstellung wurden standardisiert, um eine maximale Konsistenz in Flugbahn, Geschwindigkeit und Trajektorie zu gewährleisten. Während beider Sitzungen wurden Muskelaktivität, Herzfrequenz und Gerätebewegungen kontinuierlich erfasst. Die Beanspruchungswerte wurden nach jedem erfolgreichen Flug mit Hilfe der RPE-Skala ermittelt. Nach dem zweiten Flug füllten die Teilnehmer die weiteren Fragebögen aus.

EMG-Messungen

Das aufgenommene SEMG-Signal wurde mit dem Root Mean Square Algorithmus geglättet, und das Zeitintervall wurde auf 300 Millisekunden (Möller, Backes, 2017) eingestellt. Anschließend wurde die Amplitude des Signals auf den MVIC des Teilnehmers normiert.

Für die Datenanalyse wurde ein MATLAB-Skript programmiert, das eine Zeitsynchronisation der Icaros-Geräteposition mit der entsprechenden Muskelaktivierung und Herzfrequenz ermöglicht.

Statistische Analyse

Die erfassten Daten wurden aus der MATLAB-Umgebung exportiert und statistisch ausgewertet (SPSS Statistics 23, IBM Corp).

Ergebnisse

Sechs Teilnehmer mussten das Experiment wegen Anzeichen von Übelkeit oder Unbehagen, die auf eine Cybersickness/ VR-Krankheit hinweisen, abbrechen. Weitere zwei Teilnehmer stoppten die VR-Flüge wegen Muskelschmerzen aufgrund von vorherigen Verletzungen. Die Post-Hoc-Analyse wurde auf der Grundlage eines 5%igen Typ-I-Fehlers und insgesamt 25 Teilnehmern berechnet.

Muskelaktivität während der virtuellen Flüge

Ein gepaarter Stichproben-Mittelwert t-Test ergab signifikante Unterschiede zwischen den beiden Flügen für das SEMG-Signal, das an den Muskeln der m. erector spinae (Nackenextensoren) der Teilnehmer erfasst wurde (Abb.4 Herzfrequenz und Rate der wahrgenommenen Anstrengung während der beiden Flüge). Während des ersten Fluges hatten die Teilnehmer eine signifikant höhere Muskelaktivität (Mittelwert 24.21[SD 11.47]) im Vergleich zum zweiten Flug (Mittelwert 20.60[SD 10.57]), mit $t_{24}=2.219$, $P=.04$ und $d=0.33$.

Herzfrequenz und wahrgenommene Anstrengung während der virtuellen Flüge

Es gab signifikante Unterschiede zwischen der Ruheherzfrequenz und der Herzfrequenz während der Flüge (Abb.5 Durchschnittliche Muskelaktivierung während der beiden aufeinanderfolgenden Flüge). Die Varianzanalyse mit Messwiederholung und einer Greenhouse Geisser-Korrektur zeigte signifikante Unterschiede in den drei Herzfrequenzmessungen $F_{1,56,37.55}=161.29$, $P<.001$ und $\eta^2=0.87$. Ein Bonferroni Post-Hoc-Test zeigte signifikante Unterschiede zwischen der Ruheherzfrequenz und der Herzfrequenz während des Fluges 1 ($P<.001$, $d=0.87$; -48.18, 95% CI -56.51 bis -39.86) und während des Fluges 2 ($P<.001$, $d=0.83$; -41.07, 95% CI -49.51 bis -32.64). Die durchschnittliche Herzfrequenz während des Fluges 1 war signifikant höher ($P=.005$, $d=0.37$; -7.11, 95% CI 1.98 bis -12.23) als während des Fluges 2. Die Ergebnisse zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den RPE-Werten der Teilnehmer am Ende des ersten Fluges (Mittelwert 14,64[SD 1,82]) und des zweiten Fluges (Mittelwert 14,48[SD 2,37]).

Bewegungen während der virtuellen Flüge

Die Teilnehmer konnten Pitch und Roll steuern, indem sie den Schwerpunkt ihres Körpers änderten. Ein gepaarter t-Test zeigte, dass die durchschnittlichen Aufwärtsbewegungen (Abb.6 Wärmebild der Bewegungen des Icaros-Geräts für beide Flüge. Symbole zeigen die durchschnittlichen Positionen während der Flüge auf jeder Achse.) auf der Pitch-Achse während des Fluges 1 (Mittelwert 8,04°[SD 1,69]) mit $t_{24}=-2,370$, $P=.03$ und $d=0,51$ signifikant größer waren als die während des Fluges 2 (Mittelwert 7,33°[SD 1,02]).

Auch die Abwärtsbewegungen zeigten einen signifikanten Unterschied, mit $t_{24}=3.013$, $P=.06$ und $d=0.57$ zwischen Flug 1 (Mittelwert 7.73°[SD 1.87]) und Flug 2 (Mittelwert 6.85°[SD 1.09]).

Die durchschnittlichen Rollgrade waren in beide Richtungen ähnlich. Das Rollen nach links zeigte einen signifikanten Unterschied, mit $t_{24}=3.103$, $P=.05$ und $d=0.48$ zwischen Flug 1 (Mittelwert 5.76°[SD 2.70]) und Flug 2 (Mittelwert 4.63°[SD 1.98]).

Das Neigen nach rechts zeigte auch deutlich höhere Durchschnittsgrade für den Flug 1 (Mittelwert 5,75°[SD 2,62]) als für den Flug 2 (Mittelwert 4,7°[SD 1,86]), mit $t_{24}=-2,714$, $P=.012$ und $d=0,46$.

Fragebögen

Die Fragebögen nach der Sitzung umfassten die SSQ, NASATLX und PACES.

Der unabhängige t-Test ergab eine signifikant höhere Punktzahl in allen vier SSQ-Subkategorien. Teilnehmer, die das Experiment aufgrund von Symptomen der Cybersickness/ VR-Krankheit abgebrochen haben, zeigten signifikant höhere Werte für Augenmotorik, Desorientierung, Übelkeit und Gesamtergebnis als die Finisher.

Die Teilnehmer empfanden die Sitzungen als körperlich anstrengend und es bedurfte viel Konzentration, die Flüge fehlerfrei zu absolvieren. Diese Aufgabe wurde weniger als kognitiv anspruchsvoll wahrgenommen; die Zeitvorgabe wurde nicht als überstürzt oder gehetzt wahrgenommen (zeitliche Anforderung). Die Teilnehmer fühlten sich, als hätten sie sehr gute Ergebnisse erzielt (Leistung) und fühlten sich nicht besonders unsicher, entmutigt, irritiert, gestresst oder verärgert (Frustration). Trotz der körperlichen Anstrengungen bewerteten die Teilnehmer die Flüge als motivierend und Spaßig bzw. unterhaltsam (PACES-Wert 3,74[SD 0,16]).

Diskussion

Wichtigste Erkenntnisse

Muskelaktivität

Bei isometrischen Kontraktionen besteht eine gute Korrelation zwischen Muskelaktivität und erzeugter Kraft (Hof, 1997). Das an Muskeln gemessene elektrische Signal ist proportional zur Muskelkraft, obwohl über die Linearität dieser Beziehung diskutiert wird (Schwartz, 2012). Das MVIC normierte Muskelaktivitätssignal kann an dieser Stelle als Kontrollmechanismus für die Wirksamkeit von Muskelkräftigungsübungen verwendet werden. Abhängig von der erzeugten Muskelkraft können die Effekte zwischen Mobilisierung und Kraftverbesserung mit Muskelwachstum variieren (Gottlob, 2002).

Die Muskelaktivität während des Fluges zeigt die Auswirkungen auf die Durchblutungsförderung der Muskeln für alle Muskelgruppen an. Kibler (2008) stellt fest, dass für ein effektives Krafttraining mindestens 30% MVIC erforderlich sind; Prozentsätze unter 30% sorgen für eine reine Muskelaktivierung. Bei beiden Flügen lag die Muskelaktivität für alle untersuchten Muskeln zwischen 11% und 26% MVIC. Die Aktivität der dorsalen Muskelkette (Halsextensoren und Lendenwirbelbereich von *m. erector spinae*) zeigt ein höheres Aktivierungsniveau, wobei die Werte in einigen Fällen die 30%-Schwelle erreichen oder überschreiten. Dorsale Muskelkettenübungen (z.B. Stabilisationsübungen) können bei der Linderung von Kreuzschmerzen im lumbosakralen Bereich helfen (Chang, Lin, Lai, 2015).

Die Position der Teilnehmer auf dem Icaros-Gerät ähnelt der bewährten Unterarmstütz-Übung. Der einzige Unterschied sind die Schienbeinhalter des Geräts, die den Benutzer zusätzlich unterstützen (Abb. 1). Dies erklärt die eher geringe Aktivierung des *m. rectus abdominus* und des *m. deltoideus pars clavicularis* während beider Flüge. Andere Studien berichteten über EMG-Werte von 44% bis 65% am *m. rectus abdominus* bei der Durchführung von Planking-Übungen mit instabilen Geräten (Snarr, Esco, 2014; Czaprowski, Afeltowicz, Gebicka, Pawlowska, Kedra, Barrios et al., 2014).

Um eine möglichst hohe Immersion zu erzielen, wurde das virtuelle Sichtfeld in einen 45°-Winkel gebracht, so dass die Teilnehmer ihre Köpfe nach hinten neigen mussten. Diese Position erfordert eine nahezu konstante isometrische Muskelkontraktion der Halsextensoren. Die durchschnittliche Muskelaktivierung der Nackenstreckmuskulatur war im Vergleich zu der des *m. rectus abdominus*, des *m. deltoideus pars clavicularis* und des *m. erector spinae* (Lendenwirbelbereich) relativ hoch. Die hohe Muskelaktivierung war zum Teil auf das Mehrgewicht (ca. 300 Gramm) der am Kopf angebrachten VR-Brille zurückzuführen. Während des ersten Fluges war die durchschnittliche Muskelaktivität der Halsextensoren signifikant höher als bei Flug 2 ($P=0.04$). Durch die zunehmende Einarbeitung in die VR-InGame-Elemente nahmen die Teilnehmer während des zweiten Fluges weniger Kopfbewegungen vor, was die Aktivierung der Muskulatur des Halsstreckers deutlich senkte. Der zweite Flug zeigte keine weiteren signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Muskelaktivität.

Die Ähnlichkeit zwischen den durchschnittlichen Muskelaktivierungen scheint auf die potenzielle Reliabilität des Icaros VRSystems hinzudeuten. Die Fähigkeit, die physiologische Muskelaktivierung in einem nachfolgenden Flug zu reproduzieren, deutet darauf hin, dass Eingewöhnungseffekte die Muskelaktivität nicht sofort reduzieren. Dennoch kann das langfristige Ergebnis von sich wiederholenden Flügen aufgrund des Designs dieser Studie nicht beurteilt werden. Der Stichprobenumfang bestand hauptsächlich aus geeigneten, jungen Sportstudenten, die sich durch ihre Sportlichkeit von der breiten Öffentlichkeit abheben.

Da der zweite Flug hinsichtlich der virtualisierten Spielwelt und der Eigenschaften (z.B. Fluggeschwindigkeit) mit dem ersten Flug identisch war, sind die Unterschiede zwischen den beiden Flügen ausschließlich auf die Bewegungen der Teilnehmer zurückzuführen.

Die Heatmap in Abbildung 6 visualisiert die Unterschiede im Bewegungsumfang zwischen dem ersten und zweiten Flug. Die Standardisierung des Körpergleichgewichtspunktes für alle Teilnehmer stellte

sicher, dass Körpergröße und -gewicht nicht durch Muskelaktivität oder Gerätebewegungen beeinflusst werden.

Während des ersten Fluges rollten die Teilnehmer durchschnittlich 5,76° nach links und 5,75° nach rechts. Die Neigungsbewegungen erreichten 8,04° nach unten und 7,73° nach oben. Flug 2 führte zu einem deutlich kleineren Bewegungsumfang in alle vier Richtungen, wobei die Effektgröße zwischen 0,46 und 0,57 variierte. Der geringere Bewegungsumfang während des zweiten Fluges ist auf die Gewöhnung an die Spielelemente und die Geräteeigenschaften im Spiel während des ersten Fluges zurückzuführen.

Auch eine verbesserte intermuskuläre Koordination durch die Aufrechterhaltung des Körpergleichgewichts auf dem Gerät nach Pitch- und Rollbewegungen könnte den deutlich geringeren Bewegungsumfang erklären. Interessanterweise entsprach der signifikant kleinere Bewegungsumfang nicht einer signifikant geringeren Muskelaktivierung während des zweiten Fluges. Die gemessene Muskelaktivierung scheint notwendig zu sein, um die Unterarmstütz-Position zu halten und die Ziele im Spiel zu erreichen. Dies ist im Vergleich zu anderen Exergaming-Systemen ein Fortschritt. In einigen anderen Fitnessspielen können beispielsweise beabsichtigte Übungen vermieden werden, indem man einfach die Controller schnell auf und ab schüttelt.

Aufgrund der meist statischen Position der Teilnehmer auf dem Gerät wurden die Auswirkungen auf ihr Herz-Kreislauf-System als gering eingeschätzt. Ihre Ruheherzfrequenz (60,04[SD 7,90] bpm) war signifikant niedriger als ihre Herzfrequenz während des ersten (108,22[SD 18,72] bpm) und des zweiten (101,12[SD 19,53] bpm) Fluges. Trotz der signifikanten Unterschiede zwischen den beiden war die Effektgröße klein bis mittel ($d=0,37$). Die Herzfrequenz blieb innerhalb einer niedrigeren aeroben Intensitätsstufe, und die Veränderungen spiegelten keine Verringerung der Intensitätszone wider (Stephen, Espen, 2009). Da die Muskelaktivität bis auf einen keine signifikanten Unterschiede für alle Muskeln zeigte, sollten signifikante Veränderungen der Herzfrequenz eher auf psychologische als auf physiologische Faktoren zurückgeführt werden. In seiner Meta-Analyse untersuchte Howard (2017), wie Aufregung die Herzfrequenz bei VR-Rehabilitationsprogrammen beeinflussen kann. Darüber hinaus beobachteten Bun et al. (2017) eine erhöhte Begeisterung beim ersten Kontakt der Nutzer mit VR-Systemen. Ein derart erregter psychologischer Zustand könnte das sympathische Nervensystem weiter stimulieren und die Herzfrequenz der Benutzer erhöhen.

Obwohl die Herzfrequenz allein eine unzureichende Messgröße für den Energieverbrauch und die physiologische Wirkung ist (Tanaka, Monahan, Seals, 2001) scheinen die beobachteten Herzfrequenzwerte auf die positiven Effekte einer aeroben Trainingszone mit niedriger Intensität hinzuweisen. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Teilnehmer etwa sechs Minuten pro Flugsitzung benötigten, während der sie meist in einer statischen isometrischen Position blieben, die die Auswirkungen des aeroben Herz-Kreislauf-Trainings sehr stark limitiert.

Für das Muskelkraft-Ausdauertraining sind lange Zeiträume der Muskelspannung mit einer deutlich höheren myofibrillären Proteinsynthese verbunden (Burd, Andrews, West, Little, Cochran, Hector et al., 2012). Lange Sitzungen isometrischer Übungen sind jedoch auch mit Bluthochdruck verbunden, der ein Risikofaktor für Menschen mit undiagnostizierter Hypertonie, Herzerkrankungen oder anderen kardiovaskulären Problemen ist (Sharman, La Gerche, Coombes, 2015; Chrysant, 2010). Solche hypertonen Teilnehmer können einen erhöhten Blutdruck entwickeln und benötigen möglicherweise eine längere Erholungszeit als gesunde Personen (de Sousa Nery, Gomides, da Silva, de Moraes Forjaz, Mion, Tinucci, 2010). Die gemeldeten RPE-Werte von 14,56 (SD 2,09) für beide Flüge deuten auf ein moderates bis starkes Beanspruchungsempfinden hin. Die Frage, ob das wahrgenommene Intensitätsniveau auf eine körperliche Aktivität oder auf eine kognitive Arbeitsbelastung zurückzuführen ist, kann weiter analysiert werden, indem man sich die berichteten NASA-TLX-Werte ansieht, bei denen die mentale Anforderung niedriger ist als die physische Anforderung. Trotz der wahrgenommenen mittleren bis hohen Belastung war das Vergnügen während der Anstrengung in der virtuellen Welt (PACES) während der VR-Sitzungen hoch (3,74[SD 0,18]), was darauf hindeutet, dass die Verwendung des VR-Systems Freude machte. Die

wahrgenommene Anstrengung, die Arbeitsbelastung und das Vergnügen sind gute Indikatoren für das Potenzial eines Systems, eine gute Kombination aus Spaß und körperlicher Aktivität zu bieten.

VR-Krankheit und Cybersickness

Cybersickness kann als visuell induzierte Bewegungskrankheit beschrieben werden, die bei immersiven VR-Sitzungen häufig vorkommt (Gallagher, Ferré, 2018). Obwohl der SSQ nicht ausdrücklich für die Bewertung von Cybersickness entwickelt wurde, wird er häufig für die Bewertung der Ergebnisse von Erfahrungen mit VR-Umgebungen verwendet (Chen, Liu, Cook, Bass, Lo, 2009; Brunnström, Wang, Tavakoli, Andrén, 2016; Walch, Frommel, Rogers, Schüssel, Hock, Döbelstein et al., 2017). Die sechs Teilnehmer mit den stärksten Symptomen der Bewegungskrankheit mussten den Versuch abbrechen. Nachdem die Symptome abgeklungen waren, füllten sie den beiliegenden Fragebogen aus. Sie zeigten signifikant höhere Werte auf der SSQ als Teilnehmer, die die Flüge beenden konnten, mit großen Effektgrößen in allen vier Unterkategorien.

Die (erzwungene) Unterarmstütz-Position auf dem Icaros wurde noch nie zuvor in einem vollständig immersiven VR-System angewendet. Es führt zu einer hohen Immersivität, indem es die Benutzer auf der transversalen Ebene hält und die Flugposition im Spiel simuliert. Das Ändern der visuellen Reize, wenn sich das Gerät auf den Achsen bewegt, ist ein einzigartiges Merkmal des Systems. Flüge mit dem Icaros-System scheinen im Allgemeinen zu relativ hohen SSQ-Werten zu führen (Chen, Jeng, Fung, Doong, Chuang, 2009). Hier kommen drei Eigenschaften ins Spiel: die technischen Elemente der VR-Brille, die Körperhaltung der Teilnehmer und ihre Haltungsschwankungen.

Das für unsere Studie verwendete System entspricht nicht dem Stand der Technik für VR-Brillen, die sich in Geräten wie Oculus Rift (Facebook Technologies LLC) und Vive Pro (HTC Corporation) wiederfindet. Bildschirmflackern, verursacht durch hohe Latenzzeiten und eine niedrige Aktualisierungsrate (60 Hz) von Systemen wie unserem, wurde mit Symptomen der Bewegungskrankheit in Verbindung gebracht (Kolasinski, 1995; Lavalle, 2017). Interessanterweise wurde vorgeschlagen, dass mehr Realismus und Immersion durch verbesserte optische Reize die Symptome der Bewegungskrankheit verschlimmern können (Gallagher, Ferré, 2018), da der interne Fokus auf die sensorischen Diskrepanzen zwischen dem visuellen und dem vestibulären System gerichtet ist.

Gallagher et al. (ebd.) beschreiben die entscheidende Rolle des Gleichgewichtssystems bei der Entstehung von Symptomen der Bewegungskrankheit. Die etabliertesten Cyberkrankheitstheorien identifizieren multisensorische Signalkonflikte, die hauptsächlich durch visuelle und vestibuläre Signalfehlanspassungen verursacht werden, als Ursache für die Symptome der Bewegungskrankheit. Auf dem Icaros-Gerät beeinflussen Körperhaltung und Bewegung visuelle Reize und wahrgenommene Eigenbewegung, was zu weniger visuellvestibulären Signaldiskrepanzen führen sollte.

Riccio und Stoffregen (1991) schlagen vor, dass Haltungsinstabilität Symptome der Bewegungskrankheit hervorruft. Smart et al. (2014) weisen darauf hin, dass Haltungsschwankungen mit einem höheren wahrgenommenen Grad an visuell induzierter Bewegungskrankheit zusammenhängen könnten. Auf dem Icaros-Gerät ähnelt die Körperhaltung des Benutzers der Planking-Position, erfährt aber schnelle Veränderungen der Neigungs- und Rollachsen, was die wahrgenommene Bewegungskrankheit erklären könnte. Während Benutzer versuchten, durch die Ringe zu manövrieren, haben unvorhersehbare Richtungsänderungen des Geräts möglicherweise die wahrgenommene Bewegungskrankheit weiter beeinflusst (Kolasinski, 1995). Darüber hinaus kann die Vektion, die durch die Bewegungen des Kopfes beim Anfliegen des nächsten virtuellen Rings erzeugt wird, auch zur Bewegungskrankheit beigetragen haben (Palmisano, Mursic, Kim, 2017; Ash, Palmisano, Kim, 2011).

Limitationen und Stärken

Es gibt einige Einschränkungen, die eine Diskussion rechtfertigen. Erstens waren die Anforderungen an den physiologischen Status der Teilnehmer und das niedrige Fett-Körperverhältnis sehr hoch.

Diese Anforderungen gewährleisteten zwar qualitativ hochwertige und zuverlässige EMG-Aktivierungssignale, beschränkten aber auch die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Populationen mit unterschiedlicher Körperzusammensetzung. Darüber hinaus war die Studie aufgrund der ausschließlichen Verwendung männlicher Teilnehmer für eine konsistente Wahrnehmung von Cyberkrankheitssymptomen nicht in der Lage, die physiologischen und psychologischen Ergebnisse bei Teilnehmerinnen zu beurteilen (Golding, 2006). Eine dritte Einschränkung war die Bewertung der Intensität des Trainingsniveaus, die allein auf der Herzfrequenz basiert. Die Trainingsherzfrequenz kann von Person zu Person variieren, da es Abweichungen zwischen den tatsächlichen maximalen Herzfrequenzen und denjenigen gibt, die sich aus altersbedingten Formeln ergeben (Tanaka, Monahan, 2001; Robergs, Landwehr, 2002). Um die Auswirkungen dieser Abweichungen zu eliminieren, empfehlen wir den Einsatz zusätzlicher Instrumente wie die Spirometrie für zukünftige Studien zur Messung der physiologischen Anstrengung und des Energieverbrauchs.

Die vorliegende Studie versucht, die Kombination eines vollständig immersiven VR-Systems mit körperlicher Aktivität durch einen sportwissenschaftlichen Ansatz zu untersuchen. Nach unserem Kenntnisstand ist dies die erste qualitative Studie, die das muskuläre Trainingspotenzial eines immersiven VR-basierten Ganzkörper-Exergaming-Systems untersucht.

Wir verwenden etablierte Messverfahren, um die Muskelaktivität im Hinblick auf die Muskelinnervation und mögliche Trainingseffekte zu identifizieren. Unser Ansatz zeigt zukünftige Entwicklungsschritte ähnlicher VR-Exergaming-Systeme auf und unterstützt Entwickler bei der Optimierung ihrer Bemühungen zur Förderung der körperlichen Aktivität.

Fazit

Das virtuelle Fliegen scheint wenig bis gar keinen kardiovaskulären Nutzen zu bieten. Basierend auf den WHO-Richtlinien für das Krafttraining erreichte die Muskelaktivität während der Sitzungen gelegentlich die untere Schwelle für eine effektive Muskelaktivierung. Die Muskelaktivierung des unteren Rückens entspricht den Unterarmstütz-Variationen mit Instabilitätsgeräten (Snarr, Esco, 2014).

Im Gegensatz dazu kann Icaros eine adäquate Muskelaktivierung bieten, insbesondere für die dorsale Muskelkette. Eine höhere Muskelaktivierung kann in virtualisierten Welten erreicht werden, indem der Benutzer beispielsweise mehr Zeit in einer Pitch-Down-Position verbringt und dadurch den Körperschwerpunkt auf der Pitch-Achse verschiebt. Aber um die von der WHO empfohlene tägliche 30-minütige kardiovaskuläre Aktivität zu erreichen, bedarf es dynamischer statt isometrischer Bewegungen.

Die Ausführung einer Unterarmstütz-Position ohne externe Kontrolle der Körperhaltung kann zu einer Hyperlordose führen. Zusätzliche Beanspruchung des visuellen und vestibulären Systems sind mit einer höheren Immersivität verbunden, können aber dazu führen, dass propriozeptive Signale vom Benutzer weniger Aufmerksamkeit erhalten. Der Aufenthalt in gebeugten und ungünstigen Positionen ist mit dem LowBack-Pain-Syndrom verbunden (Heneweer, Staes, Aufdemkampe, van Rijn, Vanhees, 2011). Daher ist es wichtig, dass die Bewegungen der Benutzer nicht zu einer Verstärkung unerwünschter Körperpositionen führen, insbesondere bei Verschiebungen des Körperschwerpunktes.

Die Motivation der Bevölkerung zu körperlicher Aktivität ist wohl eine der wichtigsten und schwierigsten Aufgaben des Gesundheitssektors. Die Gamification von körperlicher Betätigung kann nicht nur zur Motivation von körperlicher Aktivität beitragen, sondern auch den sozialen Kontakt und die Interaktion fördern.

Zukünftige Ganzkörper- und vollständig immersive VR-Konzepte sollten sich auf die Steigerung der dynamischen Muskelaktivierung konzentrieren und dabei die Anfälligkeit des Benutzers für Cybersickness berücksichtigen. VR-Systeme können den Nutzern eine erfrischende und angenehme Form der körperlichen Aktivität bieten.

In der Prävention und Therapie ist die Bewegungsqualität ein wesentlicher Bestandteil eines effektiven Krafttrainings zum Wohle der Gesundheit. Daher ist es entscheidend, dass zukünftige VR-basierte Trainingssysteme den Empfehlungen der Sport- und Bewegungswissenschaft folgen.

Text: Dr. Boris Feodoroff

- » Dr. Boris Feodoroff, geboren 1979 in Lübeck, studierte Sportwissenschaften (Diplom) an der Deutschen Sporthochschule Köln. Nach zwei Jahren in einem Therapiezentrum für Orthopädie und Traumatologie kam er 2008 zurück an die Sporthochschule und arbeitet seitdem als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Bewegungstherapie und bewegungsorientierte Prävention und Rehabilitation (Abt.1). 2017 promovierte er zum Thema „Adaptive und mobile Trainingssysteme“. Kontakt der Email: b.feodoroff@dshs-koeln.de

Literatur bei dem Autor.

News

Vorhersagemodelle im Sport

Institut für Trainingswissenschaft und Sportinformatik erhält neue DFG-Förderung

Wie wird das Wetter? Wer gewinnt die Wahlen? Wer wird Fußball-Weltmeister? Der Wunsch nach einer möglichst präzisen Einschätzung über zukünftige Ereignisse liegt vermutlich in der Natur des Menschen. Vorhersagemodelle spielen daher in allen Bereichen der Gesellschaft eine Rolle, in der Politik und Wirtschaft, aber auch bei Themen wie Klima, Kriminalität, Demographie und Sport.

Vorhersagemodelle verlassen sich nicht auf Spekulationen, Wünsche oder Gefühle, sondern auf wissenschaftliche Methoden. Professor Daniel Memmert und Fabian Wunderlich vom Institut für Trainingswissenschaft und Sportinformatik der Deutschen Sporthochschule Köln beschäftigen sich seit Jahren mit Vorhersagen im Fußball. Sie entwickelten u.a. ein Modell, das die Wahrscheinlichkeit berechnet, wer ein Spiel und ein Turnier gewinnt. Dieses wurde zum Beispiel bei den Fußball-Weltmeisterschaften 2014 und 2018 und der Fußball-Europameisterschaft 2016 eingesetzt. Das Rechenmodell kombinierte die vergangenen Leistungen der Teams mit den Erwartungen an zukünftige Ergebnisse (Wettquoten).

Das Institut für Trainingswissenschaft und Sportinformatik hat nun eine neue Förderung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) eingeworben. Für das Sportinformatik-Projekt (ME 2678/29.1) erhalten Memmert und Co. über einen zweijährigen Projektzeitraum 214.000 Euro. Der Titel: Ein theoretisches Simulations-Framework zur Analyse von prädiktiven Ratingverfahren auf Netzwerken mit Anwendungsbezug im Sport. „Es handelt sich um ein interdisziplinäres Forschungsvorhaben mit dem Schwerpunkt Informatik, kombiniert mit Aspekten aus Sportwissenschaft und Ökonomie. Als Anwendungsbeispiel dienen Daten aus dem Sportbereich“, erklärt Univ.-Prof. Dr. Daniel Memmert. Im Rahmen von sportlichen Wettkämpfen entstünden natürlicherweise Netzwerke aus Akteuren (Teams oder Spieler*innen) und paarweisen Vergleichen (Wettkämpfe), hier sei die Suche nach einem geeigneten Rating allgegenwärtig. Darüber hinaus sei eine Übertragbarkeit des Simulationsmodells auf weitere Anwendungsgebiete geplant.

Die Wissenschaftler beschäftigen sich mit der Entwicklung und Validierung eines theoretischen Vorhersagemodells. Ausgangspunkt ist eine Netzwerkstruktur bestehend aus Akteuren und paarweisen Vergleichen. Jedem der Akteure soll dabei ein Rating zugewiesen werden, während die paarweisen Vergleiche Rückschlüsse über die Qualität der Akteure erlauben. „Das Forschungsvorhaben zielt dabei auf zwei zentrale methodische Probleme in der Validierung von Vorhersagemodellen ab, denen bisher wenig Beachtung geschenkt wurde: die Bewertung von prädiktiven Ratings und die Unterschiede zwischen Genauigkeit und Profitabilität von Vorhersagemodellen“, erklärt Fabian Wunderlich den Hintergrund der Untersuchung. Der Sport biete aufgrund der großen Menge an einfach und frei zugänglichen Daten ein ideales Anwendungsgebiet für Vorhersagemodelle. Bei der eingeworbenen Projektförderung dienen echte Datensätze aus dem Tennis und Fußball als Grundlage der untersuchten theoretischen Modelle.

Kontakt: Univ.-Prof. Dr. Daniel Memmert, Institut für Trainingswissenschaft und Sportinformatik
Kontakt der Email: memmert@dshs-koeln.de, Telefon: +49 221 4982-4330

Überlebensfähigkeit bei Prostatakrebs

Eine der weltweit größten internationalen Studien zum Prostatakrebs sucht Patienten aus dem Kölner Raum

Jedes Jahr im November lassen sich Männer einen Schnurrbart wachsen, um auf die Aktion „Movember“ aufmerksam zu machen, die Themen der Männergesundheit in den Blick nimmt, zum Beispiel Prostatakrebs. Prostatakrebs ist die häufigste Krebserkrankung bei Männern in Deutschland und die zweithäufigste Krebstodesursache. An der Deutschen Sporthochschule Köln wird erforscht, wie körperliches Training Prostatakrebspatienten in der Therapie helfen und die Überlebenschancen verbessern kann.

Die Abteilung molekulare und zelluläre Sportmedizin der Deutschen Sporthochschule Köln ist an einer der weltweit größten internationalen Studien zum Prostatakrebs beteiligt und sucht hierfür weiterhin Männer mit metastasiertem, kastrationsresistentem Prostatakrebs als Studienteilnehmer. Das Hauptaugenmerk der Studie liegt auf der Überlebensfähigkeit der Patienten.

Der Globale Aktionsplan (GAP) der „Movember Foundation“ setzt auf eine gemeinsame, grenzüberschreitende Forschung, die Innovationen und Wissen teilt und die Dopplung von Arbeit vermeidet. GAP gliedert sich in fünf Aktionspläne, von denen sich GAP4 der körperlichen Bewegung und dem gesunden Stoffwechsel bei Prostatakrebspatienten widmet. Insgesamt sollen hierzu weltweit 866 Männer in die Studie eingeschlossen werden. Unter den Studienzentren in Australien, Nordamerika und Europa ist der Kölner Standort das einzige deutsche Untersuchungszentrum, an dem die Deutsche Sporthochschule Köln mit der Uniklinik Köln zusammenarbeitet; hier sollen mindestens 45 Patienten rekrutiert werden. Gefördert wird die Studie von der „Movember Foundation“, die sich weltweit für die Männergesundheit einsetzt.

„Zusätzlich zu ihrer medizinischen Therapie erhalten die Patienten ein zweijähriges, individuell abgestimmtes Trainingsprogramm und psychosozialen Support. Anschließend wird die Nachhaltigkeit des Trainings bezogen auf Lebensqualität und Überlebensdauer überprüft“, erklärt Dr. Moritz Schumann, der zusammen mit Univ.-Prof. Dr. Wilhelm Bloch die Studie am Institut für Kreislaufforschung und Sportmedizin der Deutschen Sporthochschule Köln betreut. „Bei einer mittleren Lebenserwartung der einzuschließenden Patienten von wenigen Jahren können so sehr gut die Effekte auf das Überleben überprüft werden“, skizziert Schumann das Untersuchungsziel.

Kern der Intervention ist ein regelmäßiges körperliches Training, das unter Anleitung durchgeführt wird. Hierbei wird bei der Übungsauswahl insbesondere auf die Knochenmetastasen Rücksicht genommen. Die Patienten werden im Rahmen der Studie geschult, sodass sie das Training nach und nach selbstständig durchführen können. Die Teilnahme an der Studie ist kostenfrei. Gesucht werden vor allem Patienten aus dem Kölner Raum, weil die Untersuchungen und das Training zunächst in Köln stattfinden.

Kontakt: Dr. Moritz Schumann, Institut für Kreislaufförderung und Sportmedizin, Abteilung molekulare und zelluläre Sportmedizin, Kontakt der Email: gap4@dshs-koeln.de
Telefon: +49 2221 4982-4821

Trainingspädagogik und Martial Research

Gründung einer neuen Abteilung im Institut für Vermittlungskompetenz in den Sportarten

Seit dem 1. August gibt es eine neue Abteilung an der Deutschen Sporthochschule Köln: die Abteilung für Trainingspädagogik und Martial Research.

Neuer Abteilungsleiter ist der bisherige Leiter der Abteilung Pädagogik im Institut für Pädagogik und Philosophie, Univ.-Prof. Dr. Swen Körner, der mit den neu gegründeten Strukturen in das Institut für Vermittlungskompetenz in den Sportarten „umzieht“. Die Abteilung „Trainingspädagogik und Martial Research“ besteht dort neben der Abteilung „Didaktik und Methodik der Sportarten“ mit ihrem Leiter Jun.-Prof. Dr. Tobias Vogt.

„Die Abteilung behandelt das kulturelle Phänomen des Kämpfens in unterschiedlichen gesellschaftlichen und institutionellen Settings“, beschreibt Körner den breiten Ansatz, der sowohl empirisch-sozialwissenschaftliche Forschungsfragen einschließt wie auch die Anwendungsforschung. So erforscht die Abteilung beispielsweise in Kooperation mit der Polizei auf Bundes- und Länderebene, wie das Verhältnis von Trainingspraxis und Realeinsatz aussieht, um daraus eine evidenzbasierte Professionalisierung der Aus- und Fortbildungsstrukturen abzuleiten. Die wissenschaftliche und beratende Expertise der Abteilung ist zudem bei Gerichten, Versicherungen, Sportverbänden und Schulen gefragt.

Ein Interview mit Abteilungsleiter Univ.-Prof. Dr. Swen Körner lesen Sie in der September-Ausgabe unseres Forschungsnewsletters FORSCHUNG AKTUELL (www.dshs-koeln.de/forschungaktuell).

Impressum

Impulse

Das Wissenschaftsmagazin der Deutschen Sporthochschule Köln 1/2019, 24. Jahrgang

Herausgeber

Univ.-Prof. Dr. Heiko Strüder, Rektor der Deutschen Sporthochschule Köln

Redaktion

Deutsche Sporthochschule Köln, Stabstelle Akademische Planung und Steuerung, Abt. Presse und Kommunikation, Am Sportpark Müngersdorf 6, 50933 Köln

Telefon: 0221 4982-3440

Fax: 0221 4982-8400

Email: presse@dshs-koeln.de

Redaktionsleitung: Sabine Maas

Redaktion und CvD: Lena Overbeck

Layout: Sandra Bräutigam

Druckerei

DFS Druck Brecher GmbH, www.dfs-pro.de

ISSN-Nr.

2192-3531

In dieser Publikation wird aus Gründen einer besseren Lesbarkeit teilweise nur die Männliche Form/Ansprache verwendet. Dies soll nicht als Diskriminierung von Frauen verstanden werden.